

České vysoké učení technické v Praze

**Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Elektroenergetika



**Návrh mikrokogenerační jednotky
pro rodinný dům**

**Micro cogeneration unit for a living
house**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Ondřej Vít
Vedoucí práce: Ing. Lubomír Musálek
Rok: 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vit** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **406196**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektroenergetika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům

Název diplomové práce anglicky:

Micro cogeneration unit for a living house

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte s principy kogenerace a mikrokogenerace
2. Vytvořte model provozu mikrokogenerační jednotky pro zadanou budovu
3. Proveďte ekonomické zhodnocení projektu

Seznam doporučené literatury:

- [1] Mastný, Petr.: Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011.
- [2] Dvorský, E., Hejtmánková, P.: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, 2005
- [3] Krbek, J., Po, B. : Malé kogenerační jednotky v komunální a průmyslové energetice

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Lubomír Musálek, katedra elektroenergetiky FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **03.02.2017** Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

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

V Praze dne

.....

Podpis autora práce

Rád bych poděkoval Ing. Lubomíru Musálkovi, jakožto vedoucímu této diplomové práce, za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly k úspěšnému dokončení závěrečné práce. Dále děkuji mé rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Bc. Ondřej Vít

Bibliografická citace

Vít, O. Návrh mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2017. 65 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lubomír Musálek.

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem kogenerační jednotky pro rodinný dům. V první části práce jsou zpracovány základní teoretické poznatky týkající se problematiky kogeneračních jednotek a dále jsou v této části práce popsány legislativní podmínky pro získání podpory pro podporované zdroje elektrické energie. Následující část práce se zabývá přesným vymezením cílů návrhu kogeneračního systému rodinného domu. Dále práce pokračuje vlastním návrhem kogenerační jednotky. Závěr práce je věnován ekonomickému zhodnocení více variant užití kogeneračního systému a určení výhodnějšího způsobu aplikace.

Klíčová slova

kogenerační jednotka; akumulace; elektrická energie; tepelná energie; akumulární nádrž

Abstract

The Master's thesis focuses on a design of the cogeneration unit for a family house. The basic theoretical knowledge in the field of cogeneration units are processed in the first part of the thesis. Further, in this part of the thesis are described the legislative conditions for receiving the support for supporting sources of electrical energy. The next part of the thesis focuses on the precise aim determination of the design of a cogeneration system of the family house. Further the thesis continues with its own design of the cogeneration unit. The end of the thesis is dedicated to the economic evaluation of all variants of use of the cogeneration system and to determine a more advantageous way of its application.

Keywords

cogeneration unit; accumulation; electric energy; thermal energy; heat storage tank

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	15
Úvod.....	17
1 Kogenerace.....	18
1.1 Výhody kogenerace	18
1.2 Technologie kogeneračních jednotek.....	20
1.2.1 Jednotky s parní turbínou	20
1.2.2 Jednotky se spalovací turbínou.....	20
1.2.3 Jednotky se spalovacími motory	21
1.2.4 Paroplynové jednotky	21
1.3 Dimenzování kogeneračních jednotek	21
2 Mikrokogenerace	23
2.1 Druhy spalovacích mikrokogeneračních jednotek	23
2.1.1 Jednotky se spalovacím motorem	23
2.1.2 Jednotky s plynovou turbínou.....	24
2.1.8 Jednotky s ORC cyklem.....	25
3 Legislativní pohled na kogenerační jednotky	26
3.1 Zelené bonusy pro mikrokogeneraci	26
3.1.1 Stanovení účinnosti kogenerační jednotky.....	27
3.1.2 Určení úspory primární energie	28
3.1.3 Sazebníky zeleného bonusu pro mikrokogeneraci 2017	30
4 Akumulace elektrické energie	32
4.1 Elektrochemické akumulátory	32
4.2 Superkapacitory	33
4.3 Vodíkové hospodářství	33
4.4 Přečerpávací elektrárny	34
5 Akumulace tepelné energie	36
5.1 Kalorické zásobníky	36
5.2 Phase Change Material system.....	38
6 Trh se silovou elektrickou energií	39
6.1 Neorganizovaný trh	40
6.2 Organizovaný dlouhodobý trh	41
6.3 Organizovaný krátkodobý trh.....	42
6.3.1 Blokovaný trh.....	42
6.3.2 Denní trh	43
6.3.3 Vnitrodenní trh.....	44
6.3.4 Vyrovnávací trh.....	44
6.3.4.1 Podpůrné služby	44
7 Stanovení cílů práce a teoretický rozbor	46
7.1 Stanovení cílů návrhu kogenerační jednotky.....	46

7.2	Teoretický rozbor zadaného úkolu.....	47
7.2.1	Kogenerační jednotka.....	47
7.2.2	Akumulační nádrže	48
7.2.3	Ekonomické zhodnocení výhodnosti projektu.....	50
7.2.3.1	Cash flow - CF.....	50
7.2.3.2	Discounted cash flow - DCF.....	50
7.2.3.3	Payback period, Discounted payback period	51
7.2.3.4	Net present value - NPV.....	52
7.2.3.5	Internal rate of return - IRR	52
8	Vlastní dimenzování kogenerační jednotky	54
8.1	Stanovení potřeby tepla	54
8.2	Výpočty v programu Mathematica	55
8.2.1	Tepelná část modelu	55
8.2.2	Elektrická část modelu.....	57
8.2.3	Ekonomické zhodnocení	58
	Závěr.....	61
	Seznam použité literatury.....	62
	Seznam obrázků a grafů.....	64
	Seznam tabulek	65
	Seznam příloh.....	65

Seznam použitých zkratk a symbolů

KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
VT, NT	Spotřeba elektrické energie vysoký a nízký tarif
SEK	Státní energetická koncepce
ÚPE	Úspora primární energie
ZB	Zelený bonus
RF	Redukční faktor
AF	Anuitní faktor
CF, DCF	Cash flow, Discounted cash flow
PP, DPP	Payback period, Discounted payback period
NPV	Net present value
IRR	Internal Rate of Return
OTE	Operátor trhu s elektřinou
DT	Denní trh
BT	Blokový trh

Úvod

Tématem této diplomové práce je návrh mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům.

Kogenerací se rozumí společná výroba elektrické energie a tepla v jednom společném zařízení. Díky kogeneraci je možné uspořit část primárních zdrojů energie, protože dosahuje lepších účinností oproti rozdělené výrobě. Toto je umocněno skutečností, že díky kogeneraci lze snadno decentralizovat výrobu elektrické energie a tepla a výrobní zařízení umístit přímo do míst spotřeby nebo co nejbližší k nim. Tedy dále navyšujeme účinnost, neboli nepřicházíme o část energií při její přepravě k místům uplatnění.

Tyto skutečnosti a výhody si uvědomují i osoby odpovědné za energetické koncepce, jak na evropské úrovni, tak i na úrovni České republiky. Kogenerace je tedy státem podporovaným zdrojem energií.

Díky státní podpoře a přístupu výrobců mikrokogeneračních jednotek, kteří přivádí na trh jednotky, které svým výkonem odpovídají potřebám větším rodinným domům, se systémy mikrokogenerací stávají populárními a hlavně i cenově dostupnějšími. Proto je toto téma čím dál, tím více diskutováno i na poli rodinných domů.

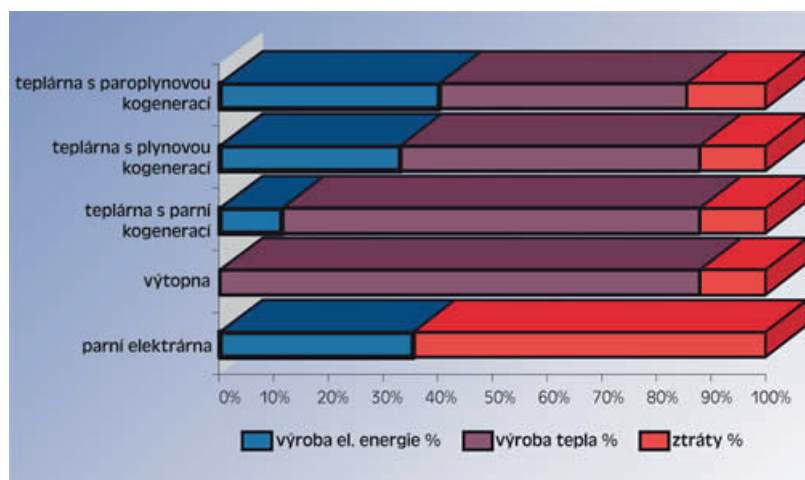
Cílem této práce je vypracování návrhu mikrokogeneračního systému pro rodinný dům tak, aby odpovídal všem potřebám tohoto domu. Za tímto účelem bylo nutné správně zpracovat charakteristiku domu a důkladně prostudovat jeho skladbu a použité materiály při výstavbě. Takto získané vstupní informace byly použity ve výpočetním programu od firmy PROTECH. Pomocí tohoto specializovaného programu se určily tepelné potřeby rodinného domu přes celý kalendářní rok. Potřeba tepla objektu je klíčový údaj potřebný ke správnému návrhu mikrokogenerační jednotky. Vlastní návrh mikrokogenerační jednotky byl vytvořen ve výpočetním softwaru Mathematica. V závěru práce se nachází ekonomické posouzení výhodnosti návrhu, kde je obsaženo i doporučení k realizaci projektu.

1 Kogenerace

Kogenerací rozumíme kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KVET). Tedy oproti jiným, dnes již běžným způsobům získávání tepelné či elektrické energie separátně, například pomocí fotovoltaických článků, malých vodních nebo větrných elektráren, či tepelných čerpadel, získáváme tepelnou a elektrickou energii společně v rámci jednoho efektivního a hlavně ekologicky šetrného zařízení. [1]

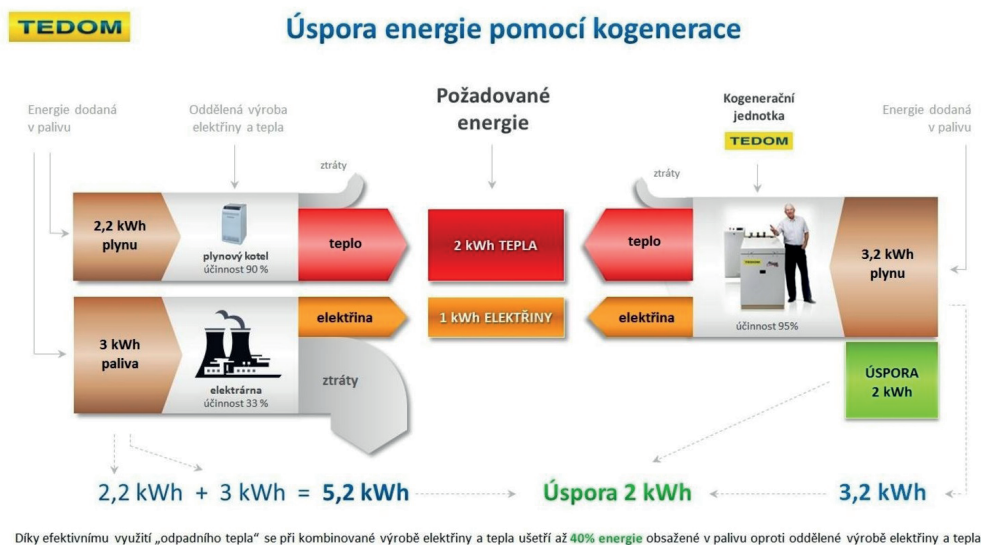
1.1 Výhody kogenerace

Kogenerace s sebou přináší daleko vyšší účinnost využití energie uložené v primárních zdrojích energie. Tato účinnost se pohybuje kolem 95 %. Je to způsobeno zejména tím, že pokud vyrábíme dané energie odděleně, získáváme vždy nějaký odpadní produkt, který bez užitku likvidujeme. Je to například přebytečné teplo, které maříme ve vychlazovacích věžích elektrárny. Uhelná elektrárna využije přibližně 40 % energie primárního zdroje energie a zbylá část je mařena jako odpadní. Stejně tak můžeme nalézt městské výtopny, které spalováním uhlí vyrábí pouze teplo, i když palivo má potenciál vyrábět i elektrickou energii. [2]



Obr. 1: Rozdělení tepla přivedeného v palivu na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty v jednotlivých typech kombinované a oddělené výroby (převzato a upraveno z [6]).

Díky faktu, že se zvýší účinnost přeměny primárních energetických zdrojů na využitelnou energii, dosáhneme úspory těchto primárních zdrojů. Dále, jelikož se jedná hlavně o spalování paliv, při jejich nižší spotřebě klesá i množství vypouštěných škodlivin do ovzduší, což příznivě působí na stav ovzduší a množství skleníkových plynů v něm obsažených. Při uvažování v celosvětovém měřítku tak lze dosáhnout nemalých úspor a daleko menších dopadů na životní prostředí. [2]



Obr. 2: Porovnání účinnosti výroby energie (převzato a upraveno z [7]).

Další výhodou kogenerace je skutečnost, že ve formě mikrokogenerací lze decentralizovat výrobu elektrické a tepelné energie. Tedy vyrobenou elektrickou a tepelnou energii lze spotřebovat v místě její výroby. Tím ušetříme ztráty energie spojené s jejím přenosem a dále zajistíme vyšší spolehlivost dodávky energií. [2]

Kogenerační jednotky mohou využívat různé druhy paliv přes uhlí, zemní plyn, biomasu, topné oleje, až po různá biopaliva. Také technologie využitá pro kogenerační výrobu nabízí široký výběr, který je přitom úzce spjatý s požadovaným dodávaným výkonem.

1.2 Technologie kogeneračních jednotek

1.2.1 Jednotky s parní turbínou

Tradiční řešení zejména pro velkovýrobu elektrické energie a tepla. Vysokotlaká pára je produkována v kotli a koná mechanickou práci na turbíně, kterou roztáčí. Turbína je mechanicky svázána s elektrickým alternátorem. Pára odcházející z turbíny je dále využívána jako zdroj tepla, a to buď přímo, v případě využití protitlaké turbíny, nebo prostřednictvím tepelného výměníku kondezátoru, u kondenzační turbíny, kdy předává teplo jinému teponosnému mediu. [3] [5]

1.2.2 Jednotky se spalovací turbínou

Kompresorem stlačený vzduch je po smísení s palivem vháněn do spalovací komory. Spalováním této směsi vznikají spaliny o vysoké teplotě a tlaku, které expandují v plynové turbíně a tím ji roztáčí. Turbína pohání elektrický alternátor a kompresor potřebný pro stlačování vzduchu. Již využitě spaliny stále dosahují vysokých teplot, řádově 450 - 500 °C a jsou nejčastěji využívány k tvorbě teplé nebo horké vody, případně k tvorbě vysokotlaké páry. [4] [5]

1.2.3 Jednotky se spalovacími motory

Jsou jednotky založené na principu pístových motorů, které byly odvozeny od běžných spalovacích automobilových motorů. Využívají se konstrukce motorů vznětové, jejichž palivem je nafta, tak i motory zážehové, spalující benzín. Obě varianty se nejčastěji přestavují na spalování plynu, nejčastěji na plyn zemní, ale také na bioplyn, skládkový plyn atd., dle dostupnosti paliva. V motoru se přetváří energie paliva na rotační energii, která je přenášena na elektrický generátor. Jako vedlejší produkt je vytvářeno teplo, jednak v podobě horkých výfukových plynů a dále také teplo odebírané ze samotného motoru chladícím okruhem. Toto odpadní teplo je pomocí tepelných výměníků odebíráno k dalšímu zužitkování. [3] [6]

1.2.4 Paroplynové jednotky

Paroplynová jednotka je soustrojí složené z výše uvedených součástí. Elektrická energie je tedy z části produkována prostřednictvím spalovací turbíny nebo pístového spalovacího motoru. Odpadním teplem je tvořena pára, která pohání parní turbínu a ta pohání další generátor elektrické energie. Teprve zbylá energie pracovního media je využita v podobě užitkového tepla. [6]

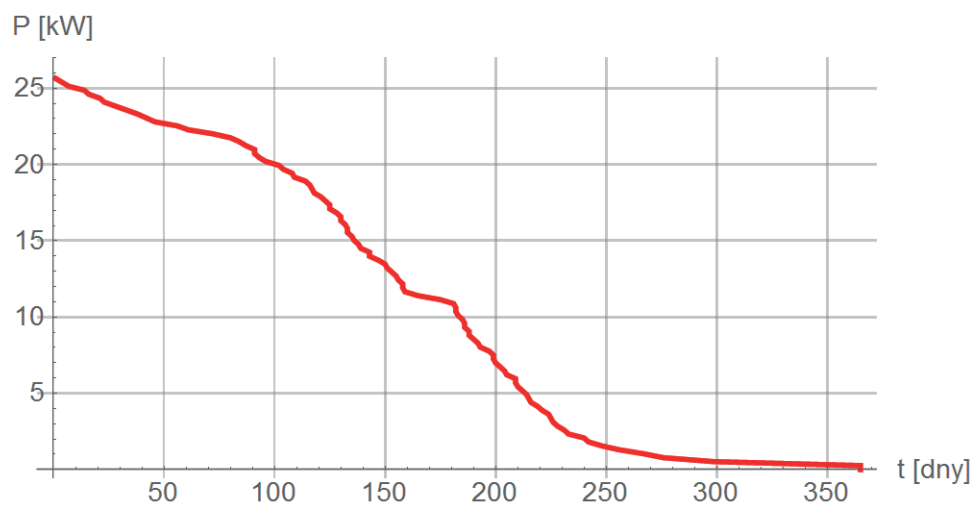
1.3 Dimenzování kogeneračních jednotek

Před samotným návrhem kogenerační jednotky je velice důležité prostudovat náležitosti ohledně potřeby tepla, kterou bude kogenerační jednotka pokrývat.

Vycházíme ze skutečnosti, že elektrická energie, jako produkt kogenerační jednotky, je snadno obchodovatelná na trhu prostřednictvím distribuční společnosti. Její přebytek, ale i nedostatek lze tedy snadno zobchodovat bez markantních vícenákladů. Oproti tomu je s tepelnou energií situace podstatně složitější. V případě jejího nedostatku výrazně rostou pořizovací náklady systému z důvodu nutnosti přítomnosti dalšího zdroje tepelné energie, který by byl schopný chybějící část pokrýt. V opačném případě, tedy v situaci, kdy nedokážeme účelně využít všechnu vyrobenou tepelnou energii, rapidně klesá účinnost kogenerační jednotky a tím pádem se znehodnocuje investice z pohledu prodlužující se doby návratnosti. V krajním případě, kdy by nebyla žádná potřeba tepla, byla by výroba samotné elektrické energie krajně ekonomicky nevýhodná. Dnes běžné kogenerační jednotky nemají potenciál konkurovat velkým elektrárenským provozům v samostatné produkci elektrické energie. [4] [5]

Kogenerační jednotka se tedy dimezuje tak, aby byla schopna pokrýt potřebu tepelné energie v dané aplikaci. Při výpočtech se vychází zejména z diagramu denní potřeby tepla, respektive ročního diagramu trvání potřeby tepla. Z důvodu nutných odstavek na údržbu nesmí být kogenerační jednotka jediným zdrojem tepla. [3]

Vyrobenou elektrickou energii lze buď přímo spotřebovat pro pokrytí vlastní spotřeby, případně je možné el. energii ukládat do akumulátoru pro případnou budoucí vlastní potřebu, nebo ji lze prodávat na trhu s elektrickou energií prostřednictvím distribuční společnosti.



Obr. 3: Křivka potřeby tepla pro rodinný dům, který je předmětem této práce.

2 Mikrokogenerace

Mikrokogenerační jednotkou se rozumí kogenerační jednotka navržená na pokrytí potřeb vybraného objektu. Zejména to jsou větší rodinné domy nebo malé pracovní dílny či haly s rozsahem spotřeby výkonu od 1 kW až do 50 kW. [7]

Výkon mikrokogenerační jednotky se dimenzuje stejně, tak jako pro všechny kogenerační jednotky, dle potřeby příkonu tepla zásobovaného objektu. Množství elektrické energie je poté dáno charakteristikou mikrokogenerační jednotky.

Mikrokogenerační stanice spalují ve většině případů fosilní paliva, a to nejčastěji ve skupenství plynném nebo ve skupenství kapalném. Ale jsou i mikrokogenerační stanice na spalování pevných fosilních paliv. Můžeme jmenovat například zemní plyn, bio-plyn, důlní plyn nebo kalový plyn z čističek odpadních vod, jako zástupce plynných paliv kogeneračních jednotek. Dále můžeme zmínit například naftu nebo bio-rostlinné oleje, jako zástupce kapalných paliv. A konečně uhlí a biomasa zastupují skupinu pevné fáze. [8]

Nejvíce rozšířenými mikrokogeneračními jednotkami jsou ty s vnitřním spalováním, které spalují ušlechtilá paliva, nejčastěji zemní plyn. [8]

V této práci se zabývám zejména mikrokogenerací a jejím využitím pro pokrytí spotřeby tepelné energie a částečně i elektrické energie pro vybraný objekt rodinného domu. Použiji tedy mikrokogenerační jednotku s vnitřním spalováním zemního plynu.

2.1 Druhy spalovacích mikrokogeneračních jednotek

Mimo výše zmíněného dělení mikrokogenerací dle skupenství paliva lze dále jednotky dělit dle způsobu spalování primárního paliva a přeměny na požadované formy energií.

2.1.1 Jednotky se spalovacím motorem

Kogenerační jednotka využívající spalovací motor se skládá ze zážehového spalovacího motoru, který přímo pohání alternátor a z tepelných výměníků. Prostřednictvím alternátoru vyrábíme elektrickou energii. Výměníků

je užito více a pracují na rozdílných teplotních hladinách. Prostřednictvím prvního nízkoteplotního výměníku odvádíme odpadní teplo přímo z bloku motoru a z oleje, kde se dosahuje teplot zhruba 80 °C až 90 °C. Další výměník je osazen ve výfukovém potrubí, kde se předává teplo z unikajících výfukových spalin, které dosahují teploty mezi 400 °C a 500 °C. [3] [4]

Výměníky jsou většinou koncipovány z hlediska teplotního média do série, záleží však na charakteristice otopného systému, do kterého je teplo dodáváno. Nejčastěji se u mikrokogenerací jedná o otopný teplovodní systém 90/70 °C. Méně často se můžeme setkat s přetlakovými teplovodními systémy 110/85 °C a 130/90 °C, zejména pro jejich složitější systém a údržbu. [4]

Jednotky tohoto typu vyrábí na našem území jen několik firem. Jako zástupce nejznámějších můžeme uvést firmy Tedom Třebíč a Motorgas Praha. Jednotky můžeme nalézt ve výkonovém rozmezí od 5 kW do 8 000 kW. [4]

Mezi největší výhody tohoto druhu jednotky lze bezesporu zařadit jejich snadné ovládání, zejména jejich rychlé spínání a odstavení bez nebezpečí poškození jednotky. Jako protiklad těmto výhodám naopak stojí fakt, že při snaze regulovat výrobní výkon jednotky se prudce snižuje její účinnost. Tato skutečnost je s ohledem na úsporu primárních paliv velice nepříjemná a proto se tento typ jednotek využívá pouze ve stavech plného a nulového výkonu. [5]

2.1.2 Jednotky s plynovou turbínou

S těmito jednotkami se setkáváme podstatně méně, než s jednotkami užívající spalovací motor. Jsou méně rozšířené kvůli jejich složitější konstrukci a vyšším finančním nákladům na pořízení. Jedná se o systém, kde se kontinuálně spaluje stlačené plyné primární palivo, díky čemuž získáváme vyšší pracovní teplotu systému. Ale jelikož zařízení pracuje na vyšších otáčkách, je nutné použít vysokootáčkového generátoru a získané elektrické energii dále přeměňovat parametry pomocí měniče frekvence na užitnou hodnotu. [6]

Výhodami tohoto systému jsou jeho vyšší životnost, s ohledem na opotře-

bovávání dílů, a nižší produkce škodlivých látek - zejména NO_x díky kontinuálnímu hoření, oproti využití systému se spalovacím motorem. Další výhodou je možnost použití méně ušlechtilého paliva. Naproti tomu jsou zde i značné nevýhody, jako je nutné dodávání práce na stlačování paliva a také výše zmíněné podstatně vyšší pořizovací náklady systému. [3] [6]

2.1.3 Jednotky s ORC cyklem

Kogenerační jednotky využívající organický Rankingův cyklus se převážně užívají pro výrobu KVET spalováním biomasy. Není to však podmínkou, protože pro vnější spalování v kotli, kterého je zde užito, je možné využít takřka jakéhokoli paliva. Tento systém je tedy nejméně náročný na kvalitu a ušlechtilost paliva. [2]

V tomto systému se využívá organického pracovního média, které má nižší teplotu varu, nežli je teplota varu vody, například některé druhy silikónových olejů. [2]

Pomocí spalování paliva v kotli ohříváme teplotnosné médium, například termoolej, na teplotu přibližně 300 °C. Toto médium přivádíme do generátoru páry tzv. evaporátoru, kde teplotnosné médium předává teplo pracovnímu médiu, které se odpařuje. Ochlazený termoolej se dále odvádí zpět do kotle pro jeho opětovné ohřátí na pracovní teplotu. [2]

Vzniklé páry organického pracovního média expandují v turbíně, čímž dochází k výrobě elektrické energie. Páry následně regeneračním ohřevem předávají část tepla zkapalněné pracovní látce, která vstupuje do parního generátoru a následně je v kondenzátoru sama zkapalněna a zbytkové teplo je odevzdáno do soustavy zásobování teplem. [2]

Výhodami jsou relativně vysoká účinnost a dlouhá životnost díky vlastnostem organických látek. Nevýhodami jsou složitost systému, náročnost na obsluhu a pořizovací cena systému. [2] [4]

3 Legislativní pohled na kogenerační jednotky

Na úrovni Evropské unie řeší problematiku kogenerace ustanovení směrnice 2004/8/EC Evropského parlamentu a Evropské rady o podpoře kogenerace a stanovuje podmínky podpory technologií KVET. [8]

Na úrovni České republiky se postupně ustanovení směrnice 2004/8/EC promítají do vnitrostátní politiky, a to prostřednictvím Energetického zákona č. 406/2000 Sb. a Zákona o obnovitelných zdrojích energie č. 165/2012 Sb. Energetický zákon stanovuje podmínky společné výroby elektrické energie a tepla, připojení takovýchto systémů do sítí, případně také prodej energií a osvědčení o jejich původu. Zákon o obnovitelných zdrojích upravuje podporu státu pro zdroje energie z obnovitelných zdrojů. [1] [8]

Stát dle státní energetické koncepce (SEK) počítá s úbytkem tepláren, výtopen a kondenzačních elektráren spalujících uhlí s nízkou účinností, a nárůstem energie z jaderných zdrojů, nebo zdrojů s efektivnějším spalováním fosilních paliv, jakožto i ze zdrojů obnovitelných. Z těchto důvodů je rozhodnuto, v návaznosti na předpis Evropské unie, dle vyhlášky č. 37/2016 Sb. o zavedení podpory kombinované výroby elektrické energie a tepla. Tímto rozhodnutím chce stát lépe využít zbylý potenciál domácích surovin a napomoci orientaci na čistší zdroje energií, které budou méně zatěžovat životní prostředí. [9] [10]

Vyhláška č. 37/2016 stanovuje, že kogenerace bude podporována formou zelených bonusů, které bude vyplácet operátor trhu za množství vykázaných MWh vyrobené elektrické energie. Výši zeleného bonusu stanovuje na dané období Energetický regulační úřad (ERÚ) prostřednictvím jeho cenového rozhodnutí. [9]

3.1 Zelené bonusy pro mikrokogeneraci

Zelené bonusy jsou prostředky státní podpory různých podporovaných zdrojů elektrické energie. Jedním z podporovaných zdrojů je právě i kombinovaná výroba elektrické energie a tepla. Výše zelených bonusů je určována Energetickým regulačním úřadem v jeho věstníku pro daný kalendářní rok.

V našem případě mikrokogenerace se pohybujeme v cenách pro kogenerační jednotky do 5 MWe výkonu. Tato výše zeleného bonusu se řídí podle instalovaného elektrického výkonu výroby a provozních hodin za rok. V případě jednotek s výkonem nad 5 MWe se výše zeleného bonusu vypočítává dle úspor primární energie (ÚPE) a účinnosti výroby elektrické energie a tepla. [11]

„Je-li v rámci výroby elektřiny uveden do provozu další výrobní zdroj elektřiny nebo více výrobních zdrojů, nebo splňuje-li jeden či více výrobních zdrojů elektřiny v rámci jedné výroby elektřiny podmínky pro uplatnění odlišných podpor, může výrobce uplatňovat odlišnou podporu pro jednotlivé výrobní zdroje elektřiny za předpokladu, že zajistí samostatné měření výroby elektřiny vyrobené z každého výrobního zdroje elektřiny v souladu s vyhláškou č. 152/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 82/2011 Sb.. V případě neosazení samostatného měření může výrobce elektřiny uplatňovat za celou výrobu elektřiny pouze nejnižší výši podpory při výběru z více možných podpor.“ [11]

3.1.1 Stanovení účinnosti kogenerační jednotky

Účinnost výroby energie se pro výroby podporovaných druhů energie stanoví dle vyhlášky č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů, která se následně odvolává na vyhlášku č. 145/2016 Sb. o vykazování elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie. V návaznosti na vyhlášku č. 145/2016 Sb. poté výpočet celkové účinnosti kogenerační jednotky pro různé případy řeší příloha č. 1 k vyhlášce č. 37/2016 Sb. [9]

„Způsob stanovení celkové účinnosti, množství mechanické energie a určení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla

Celková účinnost kogenerační jednotky η_{celk} se stanoví podle vzorce:

$$\eta_{\text{celk}} = (E_{\text{sv}} + E_{\text{M}} + Q_{\text{UŽ}}) / (Q_{\text{PAL KJ}}), \quad (1)$$

kde:

E_{sv} je množství elektřiny vyrobené v kogenerační jednotce měřené na

svorkách generátorů [MWh]

E_M je množství mechanické energie získané transformací energie v kogenerační jednotce v procesu kombinované výroby elektřiny a tepla, která není dále transformována na elektřinu [MWh]

$Q_{UŽ}$ je množství užitečného tepla [MWh]

$Q_{PAL\ KJ}$ je množství celkového paliva [MWh].“ [9]

3.1.2 Určení úspory primární energie

Poměrné úspory primární energie (ÚPE) se stanoví podle přílohy č.2 výše zmíněné vyhlášky č. 37/2016 Sb. v souladu s druhou již zmiňovanou vyhláškou č. 145/2016 Sb. následujícím způsobem.

„Způsob určení úspory primární energie při kombinované výrobě elektřiny a tepla

Výše **úspory primární energie (ÚPE)** při kombinované výrobě elektřiny a tepla se pro kogenerační jednotku vypočte podle vzorce:

$$\text{ÚPE} = (1 - 1 / (\eta_q^T / \eta_r^V + \eta_e^T / \eta_r^E)) * 100 [\%] \quad (2)$$

přičemž dílčí účinnosti výroby tepla η_q^T a elektřiny η_e^T se stanoví podle vzorců:

$$\eta_q^T = Q_{UŽ} / Q_{PAL\ KVET} [-] \quad (3)$$

$$\eta_e^T = E_{KVET} / Q_{PAL\ KVET} [-], \quad (4)$$

kde:

η_q^T je účinnost tepla z kombinované výroby elektřiny a tepla definovaná jako množství užitečného tepla vyrobeného v kogenerační jednotce dělené množstvím části celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla [-]

η_e^T je elektrická účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla definovaná jako množství elektřiny vyrobené v kogenerační jednotce vázané na výrobu užitečného tepla dělené množstvím části celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla; pokud kogenerační

jednotka vyrábí mechanickou energii, může být elektřina z kombinované výroby elektřiny a tepla navýšena o množství elektřiny ekvivalentní této mechanické energii [-]

η_r^v je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu tepla uvedená v přímo použitelném předpisu Evropské unie, kterým se stanoví harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla) [-]

η_r^E je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny stanovená podle přímo použitelného předpisu Evropské unie, kterým se stanoví harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla²⁾ přizpůsobená průměrným klimatickým podmínkám v České republice na průměrnou roční teplotu 8 °C [-]

E_{KVET} je množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla [MWh]

$Q_{UŽ}$ je množství užitečného tepla [MWh]

$Q_{PAL KVET}$ je část množství celkového paliva připadající na výrobu elektřiny pocházející z kombinované výroby elektřiny a tepla, mechanické energie a užitečného tepla [MWh].“ [9]

3.1.3 Sazebníky zeleného bonusu pro rok 2017

Níže jsou uvedeny tabularizované hodnoty výše Zelených bonusů pro jednotlivé kategorie výroben KVET tak, jak jsou uvedeny v Energetickém regulačním věstníku Energetického regulačního úřadu částka 3/2017.

Údaje jsou aktuální pro výroby registrované do konce stávajícího roku 2017, tedy vhodné pro výpočty obsažené v této práci.

Sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobu KVET s instalovaným výkonem do 5 MWe (včetně) uvedenou do provozu po 1.1.2016:

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
a		b	c	d	e	j	m
715	Elektřina z KVET	1.1.2016	31.12.2017	0	200	3 000	1 970
716		1.1.2016	31.12.2017	0	200	4 400	1 505
717		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	3 000	1 560
718		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	4 400	1 160
719		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	3 000	1 225
720		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	4 400	895

Tab. 1: Výše zelených bonusů, výroby do 5 MWe (převzato a upraveno z [11]).

Sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobu KVET s instalovaným výkonem nad 5 MWe (včetně) uvedenou do provozu po 1.1.2016:

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu*		Instalovaný výkon výroby [kW]		ÚPE kogenerační jednotky [%]		Celková účinnost kogenerační jednotky [%]		Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	od	do (včetně)	od	do (včetně)	
a		b	c	d	e	f	g	h	i	m
760	Elektřina z KVET	1.1.2016	31.12.2017	5 000	-	10	15	-	-	45
761		1.1.2016	31.12.2017	5 000	-	15	-	-	45	60
762		1.1.2016	31.12.2017	5 000	-	15	-	45	75	140
763		1.1.2016	31.12.2017	5 000	-	15	-	75	-	200
764	Elektřina z KVET v rekonstruované výrobně elektřiny	1.1.2016	31.12.2017	5 000	-	15	-	45	-	200

Tab. 2: Výše zelených bonusů, výroby nad 5 MWe (převzato a upraveno z [11]).

Dále je nutné zmínit, že se nově zavádí pravidlo zohledňující jakoukoli nevratnou finanční podporu z veřejných prostředků využitou na zřízení nebo rekonstrukci výrobní stanice KVET, která byla uvedena do provozu

nebo rekonstruována po 1. lednu 2016 včetně. Zavádí se redukční faktor (RF), o který se sníží výše provozní podpory. [11]

Platí následující vztahy:

$$RF = \frac{(DOT * AF)}{VYR} \quad (5)$$

kde:

$$AF = \frac{IRR}{1 - \frac{1}{(1 + IRR)^{DŽ}}} \quad (6)$$

$$\text{pro elektřinu: } VYR = P * PRV \quad (7)$$

$$\text{pro teplo: } VYR = P * PRV * 3,6 \quad (8)$$

RF redukční faktor (Kč/MWh); (Kč/GJ v případě podpory na teplo),

DOT celková investiční dotace udělená projektu (Kč),

AF anuitní faktor (-),

DŽ doba životnosti výroby elektřiny stanovená vyhláškou o technicko-ekonomických parametrech (rok); doba odpisování v případě podpory na elektřinu z KVET (rok),

IRR vnitřní výnosové procento uvedené v žádosti o udělení investiční dotace (v části energetický audit dle vyhlášky č. 480/2012 Sb.) (%),

VYR roční množství vyrobené elektřiny (MWh), roční množství vyrobeného tepla (GJ),

P elektrický instalovaný výkon výroby elektřiny v případě podpory na elektřinu (MWe), tepelný instalovaný výkon výroby tepla v případě podpory na teplo (MWt),

PRV průměrné roční využití instalovaného výkonu za dobu životnosti podle vyhlášky o technickoekonomických parametrech (kWhe/kWe); (kWht/kWt v případě podpory tepla); provozní hodiny v případě podpory na elektřinu z KVET." [11]

4 Akumulace elektrické energie

Akumulace elektrické energie je v dnešní době jedním z nejskloňovanějších pojmů v energetice. Je to zejména proto, že velké zdroje elektrické energie se špatně regulují z hlediska výkonu a je to možné pouze v omezeném rozmezí. Například uhelná elektrárna je schopná najet z nuly na plný výkon zhruba za 8-12 hodin, oproti tomu jaderná elektrárna najíždí až několik týdnů. Dalším problémem je nepředvídatelnost dodávání výkonu některých zdrojů. Můžeme jmenovat třeba větrné nebo solární elektrárny. Pokud jsou tyto zdroje využívány v ostrovních systémech, je akumulací zařízení zcela nepostradatelné pro zajištění efektivity systému a kvality dodávek elektrické energie. [12]

Je vícero možností jak elektrickou energii ukládat. Jedná se vlastně o různé způsoby přeměny el. energie na jiné formy energií, které jsou lépe skladovatelné a v okamžik potřeby opět převeditelné na elektrickou energii. Těchto způsobů je opravdu hodně a liší se jejich parametry s ohledem na množství energie, které dokáží uchovávat, účinnostmi nebo například dobou, po kterou si vloženou energii udrží.

Tato kapitola práce seznamuje čtenáře s nejdůležitějšími možnostmi akumulace elektrické energie vzhledem k současné situaci a tématu této práce. Tuto část je nutné zmínit z důvodu ucelenosti pohledu na problematiku kogeneračních jednotek. Při vlastním návrhu však nebudou akumulátory elektrické energie použity. Při použití akumulátorů by prudce vzrostla vstupní investice projektu. Takto vysoká investice by měla dobu návratnosti delší než je životnost systému kogenerace.

4.1 Elektrochemické akumulátory

Jak již název napovídá, jedná se o přeměnu elektrické energie na energii chemickou. Elektrochemické akumulátory jsou zatím stále nejrozšířenější a finančně nejméně náročnou variantou ukládání elektrické energie. Jednotlivé akumulátorové články lze spojovat do větších celků - baterií. Tak je možné dosáhnout rozmanitých celkových parametrů.

Podle typu akumulátorů se také různí hodnoty jejich jmenovitých napětí, které se pohybují mezi hodnotami 1,1 V až 2 V pro jednotlivý článek.

Dle typu určení akumulátoru rozlišujeme nepřeborné množství velikostí akumulátorů od nejmenších hodinářských článků až po rozsáhlé bateriové sestavy používané jako záložní zdroje pro důležité systémy.

V současné době se používají akumulátorové články založené na různých chemických prvcích a jejich reakcích. Jako nejznámější z nich jsou články na bázi Ni-MH, Ni-Cd, Li-ion, Lipol a konečně zatím nejrozšířenější kyselinový olověný akumulátor.

4.2 Superkapacitory

Energie uchovávaná v superkapacitorech byla v minulých letech často diskutované téma. V superkapacitorech se elektrická energie ukládá do elektrického pole nabitého kondenzátoru. Této technologii je stále věnována velká míra pozornosti a do jejího vývoje se investují nemalé finanční prostředky. Jejich výhodou oproti elektrochemickým akumulátorům je jejich minimální opotřebování elektrod, díky kterému mají superkapacitory podstatně vyšší životnost. Jako další výhodou lze zmínit nízký vnitřní odpor. Superkapacitory můžeme tedy používat pro velice rychlé nabíjení a následně také pro rychlé odebrání energie z kapacitoru. Podstatnou nevýhodou je lineární pokles napětí v závislosti na odebrané energii. Tuto skutečnost je nutné kompenzovat měničem napětí, který zajistí správnou hodnotu napětí po celý vybíjecí cyklus. [12]

Superkapacitory také disponují velice dobrou účinností uložení energie, která se pohybuje kolem 95 %. I proto se tato technologie jeví jako vhodná pro menší aplikace, například pro fotovoltaické systémy nebo mikrogenerace. Zatím je však proti tomuto použití jejich cena, která je pro malé subjekty neúnosná a nerentabilní. [12]

4.3 Vodíkové hospodářství

Jako další možnost uchování elektrické energie jsou vodíkové energetické systémy, tedy vodíková hospodářství. Vodík je velice ceněnou a v mnoha odvětvích využívanou komoditou. Proto se zdají jeho výroba a následné využití nebo odprodej velice ekonomicky výhodnými.

Podstatou ukládání elektrické energie do vodíku je její využití k výrobě vysokopotenciálního paliva. Vodík je vyráběn elektrolýzou vody a dále je

jímán a ukládán pro skladování do speciálních tlakových zásobníků, které jsou vyrobeny z materiálů nereagujících s vodíkem. Takto vzniklý vodík lze buď zobchodovat a nebo zpětně využít. Oxidací vodíku lze získat elektrickou, mechanickou i tepelnou energii. Oxidace vodíku může probíhat v kotli nebo v motoru, jako přímé spalování, nebo řízenou elektrochemickou cestou v palivovém článku. [12]

Abychom vyrobili 1 kg vodíku elektrolýzou z vody, je třeba vynaložit při účinnosti elektrolyzáru 90% energii 38 kWh. Následně je nutné vodík zkapalnit pro jeho lepší skladovatelnost. Na stlačení 1 kg vodíku je nutné vynaložit dalších 10 kWh. Získáme tak jedno z neušlechtlejších paliv, která má výhřevnost kolem 100 MJ/kg. Jako další výhodu můžeme zmínit to, že jeho oxidací vzniká voda či vodní pára a velmi malé množství oxidů dusíku. Využíváním vodíku tedy neprodukuje oxidy uhlíku, oxidy síry ani jiné škodliviny. [12]

Tento způsob ukládání energie se zdá být velice slibným do budoucna. Je to zejména proto, že vodík je velice perspektivní komoditou a zároveň se odstraní nárazové dodávání výkonu do rozvodné sítě. Lze tedy vyřešit problém některých systémů, využívajících obnovitelné zdroje el. energie, s nepředvídatelností množství dodávaného výkonu do sítě.

4.4 Přečerpávací elektrárny, zásobníky stlačeného vzduchu a mechanické akumulátory

Princip funkce přečerpávacích elektráren je velice známý. Vcelku jde o to, že ve dvou vzájemně spojených nádržích, které se nacházejí v rozdílné nadmořské výšce, přečerpáváme vodu. Při přebytku el. energie se čerpá voda do vrchní nádrže. V opačném případě protéká voda samospádem do spodní nádrže, před kterou je umístěna turbína, kterou roztáčí.

Přečerpávací elektrárny jsou využívány hlavně k akumulaci přebytečné energie ve špičkách a k jejímu následnému využití při jejím nedostatku. V České republice byly vybudovány zejména pro akumulaci přebytečné energie z jaderných elektráren. [12]

Podobným systémem, jako jsou přečerpávací elektrárny, jsou zásobníky stlačeného vzduchu, které pracují na principu přečerpávání vzduchu. Při přebytku elektrické energie v síti se vzduch ukládá pomocí kompresoru

do tlakových nádob, kde se skladuje. V případě potřeby dodání energie se vzduch vypouští. Unikající vzduch roztáčí turbínu a s ní spojený generátor.

Dalším příbuzným systémem je mechanický akumulátor. Je to velký setrvačnický, který je v okamžiku přebytku elektrické energie v síti roztáčen. Aby měl setrvačnický přijatelnou účinnost uložení elektrické energie, je nutné, aby byl ve vakuu a zamezilo se tak brždění okolním vzduchem. Dále se také otáčí v magnetických ložiskách, aby se minimalizovaly ztráty třením v uložení setrvačnického. Při potřebě dodávání el. energie je rotační energie setrvačnického zpětně transformována na elektrickou roztáčením generátoru a tedy postupným bržděním setrvačnického. [12]

5 Akumulace tepelné energie

Akumulace tepelné energie je, stejně jako akumulace elektrické energie, velmi podstatnou součástí kogeneračních zařízení, zejména u menších aplikací. Pro mikrokogenerační jednotky je velice výhodné, aby při menší potřebě tepla bylo zbytkové teplo ukládáno pro pozdější potřebu. Tímto způsobem lze zajistit dostatek tepla, aniž by bylo nutné spínat špičkový plynový hořák ve chvílích vyšší potřeby tepla, než je výkon kogenerační jednotky. Další využití nalezne akumulace tepla pro situace, kdy je nízká potřeba tepla. Akumulované teplo v zásobnících dokáže pokrýt celou potřebu tepla objektu, není tedy nutné po dobu čerpání energie ze zásobníků spínat kogenerační jednotku. Pokud zvolíme vhodně dimenzované množství akumulovaného tepla, dosáhneme lepší účinnosti celé kogenerační jednotky a tím pádem i zvýšení ekonomické výhodnosti investice do tohoto systému.

5.1 Kalorické zásobníky

Kalorické akumulární nádrže na kapaliny nebo pevné látky mají za úkol absorbovat co nejvíce tepla a v případě potřeby ho s co nejvyšší účinností odevzdat. Tyto nádrže jsou trojího typu.

Prvním typem jsou nádrže, které pouze kumulují oběhové médium, které se využívá v otopném systému. Je v nich uloženo vyhřáté médium, které je v případě potřeby přímo čerpáno do otopného systému.

Dalším typem jsou nádrže, které mají oddělené médium prostřednictvím výměníku. Médium v nádrži ohříváme pomocí kotle, kogenerační jednotky, solárních systémů nebo jiných způsobů. Médium v otopném okruhu prochází skrz výměník umístěný v nádrži, kde přebírá tepelnou energii od akumulárního média a dále pokračuje do radiátorů otopného systému.



Obr. 4: Akumulační nádrž MAGNADO 1000l (převzato a upraveno z <http://www.akunadrze.cz>).

Posledním typem jsou nádrže s akumulační látkou pevného skupenství. Využívá se rozličných materiálů, od obyčejného šterku nebo písku, přes šamot, až k lávovým kamenům. Různé materiály spojuje jedna vlastnost a tou je velká měrná tepelná kapacita. Zde platí, že čím vyšší hodnotu tepelné kapacity chceme, tím více tepelně-akumulační materiál stojí. Je tedy nutné důkladně zvážit, jaký materiál a v jakém množství je třeba použít, aby bylo ekonomicky výhodné použít tento typ akumulační nádrže na teplo. Tepelná energie se do tohoto zásobníku předává pomocným médiem, které je vyhříváno zdrojem tepla. Do systému radiátorů se teplo dostává podobně, jako v předchozím případě, díky tepelným výměníkům a médiu proudícím skrz tyto výměníky a radiátory.

5.2 Phase Change Material system

Phase change material (PCM) system je technologie, která využívá skupenskou přeměnu akumulární látky. Na rozdíl od výše popisovaných možností tedy není akumulární médium ohříváno v určeném rozsahu teplot. Oproti tomu dochází k jeho fázové změně, nejčastěji ke zkapalnění.

Tato metoda ukládání tepla vychází ze skutečnosti, že energie nutná pro změnu skupenství je podstatně větší, než energie, kterou uložíme ohřátím média beze změny skupenství.

Látky použitelné v PCM systému musí splňovat několik kritérií. Nejdůležitější je teplota, při které látka dosahuje skupenské změny. Je třeba, aby se nacházela v přijatelných mezích otopného systému. Dále musí mít co největší měrné skupenské teplo fázové přeměny, aby bylo možné ukládat co nejvíce energie. Nutný je i dobrý přestup tepla v látce samotné a její malá objemová roztažnost při skupenské změně. A v neposlední řadě jsou také důležité ekonomické aspekty. Látka musí mít dlouhodobou stabilitu složení, jednoduchou výrobu a s tím spojenou nízkou pořizovací cenu. [13]

Jako zástupce materiálů používaných pro akumulaci v PCM systémech můžeme uvést například parafínový vosk či kyselinu palmitovou, jako zástupce organických PCM látek. Z řad neorganických PCM látek lze uvést hexahydrát chloridu vápenatého nebo Glauberovu sůl. [13]

Výměna tepelné energie probíhá podobně jako u akumulárního zásobníku s pevnou akumulární látkou. PCM látka je uzavřena v nádobě, která je obklopena tepelnými výměníky. Tyto výměníky zajišťují dostatečný přísun tepla při nabíjení a také odvod tepelné energie při vybíjení akumulátoru. [13]

6 Trh se silovou elektrickou energií

Úkolem této kapitoly je seznámit čtenáře s fungováním trhu se silovou elektrickou energií v České republice. Tuto část je důležité zmínit v této práci z důvodu, že součástí výsledku této práce, tedy vytvoření modelu mikrokogenerační jednotky, bude ekonomické zhodnocení doby návratnosti projektu. Jsou brány v úvahu různé varianty připojení jednotky do sítě, případně využití akumulátorů pro skladování elektrické energie pro pozdější vlastní spotřebu.

Pro přehlednost a úplnost zde uvedu všechny možnosti obchodování se silovou elektrickou energií.

Trh s elektrickou energií je velice složitý a vzájemně propletený systém. V rámci tohoto systému jsou účastníci provázáni mnohými pravidly, která je nutné dodržovat, aby trh správně fungoval.

Hlavním atributem elektrické energie z pohledu trhu, která nejvíce tento trh ovlivňuje, je její špatná skladovatelnost. Vyvíjejí se rozličné systémy skladování elektrické energie, ale v současné době stále není možné využít jediný ve větším měřítku. Jediným způsobem jak uchovávat větší množství energie je využití přečerpávacích elektráren, ale i ty mají své limity, zejména kvůli jejich rozloze a finanční náročnosti. Dalším specifikem elektrické energie je nemožnost rozeznat při odběru ze sítě její původ. Elektrická energie se z místa výroby do místa odběru šíří po cestě nejmenšího odporu, proto je nemožné určit z jakého zdroje energii právě čerpáme. Je možné pouze určit tzv. energetický mix, tedy procentuální zastoupení výrobních zdrojů elektrické energie v dané síti. Jelikož je tedy nemožné rozeznat jakou část elektrické energie v síti prodal prodejce kupci, je důležité, aby do sítě dodávaná elektrická energie byla přesně stanovené kvality s minimální určenou odchylkou a ve správném množství. [14]

Aby v elektrické soustavě panovala rovnováha a nedocházelo k havarijním stavům, je velice důležité, aby platilo základní ustanovení : „Součet energie dodané se musí rovnat součtu energie odebrané a ztrátám.“ Tedy jinak řečeno každý výrobce, který prodává silovou elektrickou energii vlastně prodává závazek dodat do elektrizační soustavy (ES) elektrickou energii ve smluveném množství a čase. Protistrana se naopak zavazuje toto smluvené množství v daném čase odebrat. Pokud by se stalo, že tato

rovnost nebude platit, nastal by jeden z následujících problémů. Buď by odběr ze sítě významně převýšil dodávky energie a poté by došlo k nedostatku výkonu v síti a s tím spojenému poklesu frekvence v síti, nebo by naopak byl přebytek výkonu v síti a tím pádem by docházelo ke zvýšení frekvence. Oba tyto stavy jsou velice škodlivé a bez zásahu dispečerského řízení by mohlo dojít k fatálním důsledkům, tedy Blackoutu. Proto z těchto výše zmíněných důvodů je každá národní elektroenergetická soustava podřízena dispečerskému řízení, jehož vykonavatel pomocí regulačních energií tuto rovnováhu zajišťuje. V České republice rovnováhu v síti zajišťuje společnost ČEPS, a. s.. [14]

Tržní prostředí se dělí na neorganizovaný a organizovaný trh. Neorganizovaný trh je takový, kde se obě protistrany samy dohodnou na množství a ceně obchodované komodity, bez zásahu třetích stran. Nebo je zde možnost organizovaného trhu, kde se objem množství a hlavně cena určuje podle předem domluvených pravidel. Organizovaný trh můžeme následně ještě rozdělit podle časového horizontu, ve kterém je uskutečňován. Máme krátkodobý trh, který je organizován operátorem trhu s elektřinou (OTE) a dlouhodobý trh, jehož operátorem je energetická burza. [14]

Jsou tedy tři základní způsoby prodeje či obchodování se silovou elektrickou energií na trhu. Pro účely této práce je nejvhodnější organizovaný krátkodobý trh, jinak nazývaný spotový trh. Je to zejména proto, že budeme prodávat aktuální přebytky vlastní potřeby. Tyto přebytky vlastní potřeby nelze přesně předvídat dlouhodobě předem tak, abychom je mohli nabízet na dlouhodobém trhu.

6.1 Neorganizovaný trh

Na neorganizovaném trhu s elektrickou energií mezi sebou uzavírají obchodní kontrakty jednak výrobci přímo se spotřebitelem a nebo s obchodníky se silovou elektrickou energií, kteří jsou dále smluvně vázáni nakoupenou elektrickou energií dodat do místa spotřeby v daném množství a v určený čas. Cena silové elektrické energie není vytvářena podle předem nastavených mezí, ale účastníci bilaterálních smluv si rozsah a cenu elektrické energie určí sami. Smlouvy se uzavírají především na delší časové rozmezí zpravidla na dobu jednoho roku a více. [15]

„Tento způsob obchodování se silovou elektřinou je neprůhledný a infor-

mace o uzavřených kontraktech jsou téměř nedohledatelné. Pouze díky operátorovi trhu, do jehož systému se registrují uzavřené kontrakty, u kterých se předpokládá fyzické vypořádání (včetně těch, co jsou uzavřeny na spotovém a dlouhodobém trhu), lze přesně říci, jaké množství elektrické energie je v rámci bilaterálních smluv zobchodováno. Operátor je na základě těchto dat schopen vyhodnotit a zúčtovat odchylky. Z tohoto důvodu musí mít všichni výrobci, obchodníci a odběratelé, jež jsou zodpovědní za odchylku, uzavřenou smlouvu s OTE o vyúčtování odchylek.“ [15]

6.2 Organizovaný dlouhodobý trh

Na českém trhu se silovou elektrickou energií můžeme najít dva organizátory dlouhodobého trhu. Jsou jimi Českomoravská komoditní burza Kladno (ČKMBK) a Power Exchange CentralEurope (PXE). Oběma burzovním společnostem dal vzniknout zákon o komoditních burzách, jehož ustanovení musí dodržovat a řídit se jimi při stanovování pravidel pro obchodování na burze. ČKMBK působí pouze v rámci České republiky, zatímco PXE sdružuje dohromady dlouhodobé trhy se silovou elektrickou energií více států - a to přesně České republiky, Slovenské republiky, Maďarska, Polska a Rumunska. [15]

Následující informace vychází z podkladů získaných od společnosti Power Exchange CentralEurope, zejména potom z jejich webových stránek a dokumentů určených pro tisková oddělení.

Vstupovat na burzu se silovou elektrickou energií v rámci společnosti PXE nemůže jen tak každý, ale musí splňovat podmínky přesně stanovené v burzovním řádu přesněji v části dokumentu Pravidla účasti na burze. [16]

Účastníci burzy obchodují s elektrickou energií o hodinovém výkonu 1 MWh, která bude dodávána ve všech hodinách všech dnů po celé smluvní období s místem dodání do elektrizační soustavy v rámci celého území, kde PXE působí. [17]

Na burze dále rozlišujeme základní dva způsoby, jak lze dosáhnout obchodu, a to automatizované a registrované obchody. Automatizované obchody fungují na základě vyhodnocování dat počítačem automaticky. Účastníci burzy mohou anonymně prostřednictvím systému TrayportGlobalVision

zadávat své objednávky do systému. Ve chvíli, kdy se v systému objeví nabídka a poptávka a rozmezí nabízené, respektive poptávané ceny silové elektrické energie, mají společný průnik, tak tuto skutečnost systém automaticky vyhodnotí a tyto objednávky páruje. Druhou možností je registrovaný obchod, kdy obchodníci na burze uzavřou mimo burzu bilaterální smlouvu nebo obchod prostřednictvím brokera a následně poté registrují tuto transakci v rámci burzy. Burza tedy v tomto okamžiku funguje jako prostředek pro vypořádání a naplnění takto uzavřených smluv či obchodů. [15] [17]

6.3 Organizovaný krátkodobý trh

Na poli krátkodobého organizovaného trhu se silovou elektrickou energií v minulosti vystupovali v České republice dva organizátoři. Byla to společnost PXE, která je již zmíněna v předcházející části práce a dále operátor trhu s elektřinou (OTE). V té době probíhalo obchodování v rámci jednotlivých platforem separátně, ale od roku 2009, kdy došlo k dohodě mezi PXE a OTE, se tyto systémy propojily a účastníci energetické burzy tak získali přístup na spotový trh OTE. Po propojení platforem se stal výhradním organizátorem trhu na poli krátkodobého trhu s elektrickou energií s místem dodání v České republice operátor trhu s elektřinou. Na tomto trhu lze obchodovat ve třech časových horizontech. Můžeme se zde setkat s Blokovým trhem (BT), kde se obchoduje až na 5 dní před dnem dodávky, dále s denním trhem (DT), u něhož se obchody uzavírají den před uskutečněním dodávky elektrické energie, poté vnitrodenní trh (VDT), obchody se zde uzavírají několik hodin před samotnou dodávkou a vyrovnávací trh (VT). Účastníci spotového trhu zadávají do systému své nabídky a poptávky. Měna pro blokový a vnitrodenní trh je v Kč/MWh a pro denní trh v EUR/MWh. [15] [17]

6.3.1 Blokovaný trh

V rámci blokovaného trhu se obchoduje s jasně definovanými denními bloky, které jsou:

- 1) BASE: dodávka ve všech hodinách dne dodávky
- 2) PEAK: dodávka v pracovních dnech v době od 8:00 do 20:00

3) OFF PEAK: dodávka v pracovních dnech v době od 0:00 do 8:00 a od 20:00 do 24:00

Obchodování s těmito bloky je zahájeno 5 dní předem a ukončeno přesně jeden den před plánovaným uskutečněním dodávky elektrické energie. Po zadání nabídek, respektive poptávek do systému dochází ke vzájemnému anonymnímu automatickému přiřazení poptávek k nabídkám tzv. spárování. Ke spárování dochází v případě překrytí limitních cen. V případě poptávek je limitní cenou cena, za kterou jsou kupující elektřinu ochotni nakoupit. Nabídková limitní cena je cena, za kterou jsou prodávající elektřinu svolni prodat. [14] [15]

6.3.2 Denní trh

Prostřednictvím denního trhu se obchoduje silová elektrická energie na jeden den dopředu, tedy 24 hodin před dodávkou silové elektřiny do ES. Nejmenší obchodovatelnou jednotkou je 1 hodina tzv. obchodní hodina. Uzavření trhu nastává podle platného harmonogramu vždy v 11:15 předcházejícího dne. Průběh jednotlivého uzavírání obchodů se provádí formou dvoustranných aukcí, kdy je cena pro odběratele stanovena jako cena mezní Operátorem trhu dle planých obchodních podmínek. Výsledná je tedy jediná cena, která platí jak pro odběratele, tak i pro dodavatele silové elektrické energie. [15]



Obr. 5: Výsledky denního trhu 26.5.2017 (převzato a upraveno z <http://www.ote-cr.cz>).

6.3.3 Vnitrodenní trh

Po skončení denního trhu se v 15:00 otevírá trh vnitrodenní. Ten je postupně po hodinách uzavírán v průběhu celého dne vždy 60 minut před uskutečněním hodinové dodávky. Na vnitrodenním trhu se již nabídky a poptávky automaticky nepárují. Po vložení nabídky, respektive poptávky, kde je jasně stanoveno množství a cena elektrické energie, do systému operátora trhu, musí tuto nabídku protistrana akceptovat. [15]

6.3.4 Vyrovnávací trh

Vyrovnávací trh je prostředí, kde jediným nakupujícím je ČEPS, a.s. a nakupuje tzv. regulační energii, která může nabývat jak kladných hodnot RE+, tak i záporných hodnot RE-. Pokud nastane potřeba kladné regulační energie RE+, znamená to, že je zapotřebí buď zvýšit výrobu elektrické energie, nebo snížit její spotřebu, tak aby nastala rovnováha. V opačném případě je tomu podobně. Když je třeba záporné regulační energie RE-, znamená to nutnost snížení výroby elektrické energie nebo zvýšení její spotřeby. [14] [15]

ČEPS, a.s. jakožto provozovatel české přenosové soustavy je povinen, v rámci udržení bezpečného provozu soustavy, zajistit vyrovnanou bilanci výroby a spotřeby elektrické energie v reálném čase. To zjednodušeně znamená, že v případě kdy hrozí narušení této rovnováhy, je povinen zajistit regulační energii. Mimo nákupu energie na vyrovnávacím trhu může ČEPS, a.s. využít příslušných podpůrných služeb a jako poslední možnost je nákup regulační energie ze zahraničí. [14] [15]

6.3.4.1 Podpůrné služby

Pomocí aktivace podpůrných služeb se snaží provozovatel české přenosové soustavy ČEPS, a.s. zajistit výkonovou bilanční rovnováhu mezi výrobou a spotřebou silové elektrické energie. Protože ze zákona provozovatel přenosové soustavy nesmí být provozovatelem zařízení na výrobu elektrické energie, musí si tedy takovéto služby smluvně sjednat. Podpůrné služby jsou jisté výkonové rezervy na certifikovaných zařízeních, které je možno snadno spínat či regulovat dle potřeb ČEPS, a.s. [15]

Díky podpůrným službám je provozovatel přenosové soustavy schopen zajistit kvalitu a spolehlivost dodávky silové elektrické energie u koncových odběratelů.

Podmínky, které musí poskytovatel podpůrné služby splňovat, stanovuje společnost ČEPS, a.s. v Pravidlech provozování přenosové soustavy.

Podpůrné služby můžeme dělit na primární a sekundární regulaci a dále na terciární kladnou a terciární zápornou regulaci. U primární regulace je poskytovateli vyplácena smluvená cena za pouhé rezervování výkonu. Dodávka silové elektrické energie po případném spuštění je již bezplatná. Jako primární regulace se využívají zdroje s rychlým spouštěním a velkými výkony, které lze snadno regulovat. Pro zajištění sekundární a terciární regulace se vyplácí cena za rezervovaný výkon a dále i cena za dodanou silovou elektrickou energii. Jako zdroje pro sekundární a terciární regulaci se využívají zařízení s obtížnější regulací. [15]

7 Stanovení cílů práce a teoretický rozbor

V této části práce následuje upřesnění rozsahu návrhu mikrokogenerační jednotky a teoretický rozbor vybraných řešení.

7.1 Stanovení cílů návrhu kogenerační jednotky

Autor práce si dává za cíl navrhnout řešení systému kogenerační jednotky pro dům, který se nachází ve východních Čechách.

Jedná se o větší rodinný dům s obytnou plochou 453 m². Dům byl postaven v 80. letech minulého století a do současnosti na něm neproběhla žádná výrazná rekonstrukce. Na domě byla vyměněna původní špaletová okna za plastová okna s dvouskly. Také střecha prošla rekonstrukcí a byla vyměněna střešní krytina. Původně byl použit eternit a v dnešní době je střecha pokryta betonovými taškami. Dům není nijak zateplen. Lze tedy předpokládat, že pokud se kogenerační jednotka nadimenzuje na aktuální potřebu tepla, tak i po případném zateplení by tepelný výkon kogenerační jednotky měl být dostatečný. Dokonce bude dovolovat využívat systém například pro ohřívání teplé užitkové vody (TUV), případně pro přehřívání vody vnitřního bazénu.

Dům je vytápěn otopným systémem 70/90 °C s nuceným oběhem. Zdrojem tepelné energie je dřevozplynující kotel. Jako záskokový zdroj tepelné energie je instalován plynový kondenzační kotel. Plynový kotel je využíván i v případech, kdy není přítomna po delší čas obsluha dřevozplynujícího kotle. Pro akumulaci tepelné energie a následné vytápění v nočních hodinách nabo v čase bez obsluhy kotle jsou v otopném systému zapojeny tři teplovodní nádrže. Celkový objem akumulčních nádrží je 3 m³. Odvod tepla do místností zajišťují nástěnné radiátory.

Návrh kogenerační jednotky je zpracován za daných ekonomických a technických podmínek. Je důležité dbát na to, aby výsledná finanční investice byla co nejnižší, avšak aby se nesnižovala cena na úkor kvality systému. Požadavek na výši investice je z důvodu zamýšleného nevyužití žádné nevratné dotace z veřejných finančních prostředků. Díky nevyužití finanční podpory bude možné nárokovat celou výši zelených bonusů, tedy bez

odpočtu redukčního faktoru pro danou kategorii mikrokogenerací. Dále je požadavek na to, co možná nejvíce využít stávající prvky otopného systému.

7.2 Teoretický rozbor zadaného úkolu

7.2.1 Kogenerační jednotka

Na českém trhu je několik firem nabízejících mikrokogenerační jednotky vhodné pro aplikaci v této práci. Jednotky pracují majoritně na základě spalovacích pístových motorů. Převládají dvě hlavní koncepce, a to využití Stirlingova motoru nebo Ottova motoru pro spalování zemního plynu.

Za účelem získání dat bylo kontaktováno 5 výrobců mikrokogeneračních jednotek, avšak odpovědi se vrátily pouze dvě. Nejlépe reagovala firma TEDOM, která ochotně poskytla všechna potřebná data. Dále je tedy vycházeno z katalogových listů firmy TEDOM.

Pro pokrytí tepelné potřeby vybraného rodinného domu je nejvhodnější využít modelovou řadu TEDOM Micro, přesný typ jednotky T7.



Obr. 6: Mikrokogenerační jednotka TEDOM MICRO T30 (převzato a upraveno z <http://kogenerace.tedom.com>).

Mikrokogenerační jednotka TEDOM Micro T7 je založena na tříválcovém řadovém motoru Ottova typu spalujícím zemní plyn. Motor o celkovém obsahu 962 cm³ pracuje při konstatních otáčkách 1500 ot/min. Rotační energie motoru je převáděna na asynchronní generátor s maximálním výkonem 8 kW. Účinnost generátoru je 89,6 % a pracuje na hladině napětí 400 V při frekvenci 50 kHz.

Tepelný systém mikrokogenerační jednotky je tvořen tepelnými výměníky, které zprostředkovávají přenos tepla z motoru a spalin do topného systému objektu. Dále se odebírá teplo i z asynchronního generátoru. Mikrokogenerační jednotka může pracovat na různých teplotních hladinách a je uzpůsobena pro teplotní spád 20 K.

Vně protihlukového krytu se nachází elektrorozvaděč včetně ovládacího panelu, který zajišťuje správnou funkci celého systému. Elektrický výkon jednotky je 7 kW. Maximální tepelný výkon je 17,2 kW. Tato mikrokogenerační jednotka dosahuje účinnosti 93,3 %.

Jako zdroj chybějícího množství tepelné energie ve špičkách je ponechán stávající zálohový plynový kondenzační kotel. Dále bude kotel plnit funkci hlavního zdroje tepla pro případy servisních odstávek kogenerační jednotky.

7.2.2 Akumulační nádrže

Pomocí akumulčních nádrží jsme schopni ukládat přebytečnou tepelnou energii, kterou zrovna nepotřebujeme, a následně z nich můžeme čerpat, když je požadavek tepla vyšší než výkon kogenerační jednotky. Díky tomuto faktu a pomocí správného objemu uskladněného tepla jsme schopni vyrovnat průběh odběru tepla tak, aby špičkový plynový kondenzační kotel spínal co možná nejméně. Dále akumulace tepla zajistí plynulost provozu kogenerační jednotky, tedy nebude nutné regulovat nebo spínat jednotku tak často, jako by tomu bylo bez akumulace. To ve výsledku znamená, že lze použít jednotku s nižším tepelným výkonem a uspořit tak na vstupní investici do systému. Díky akumulaci je zajištěno, že se účinnost systému dále nesnižuje při samotné výrobě tepelné energie.

Pro objekt rodinného domu je nejvýhodnější použít teplovodní akumulční nádrže bez tepelných výměníků. Setkáváme se s dvěma základními typy takovýchto nádrží.

První možností jsou nádrže, které jsou nabíjeny spodním ventilem a vybíjeny vrchním. Nevýhodou tohoto typu je skutečnost, že při nabíjení teplá voda postupně stoupá k vrcholu nádrže a tím se promíchává se zbylým objemem nádrže. Promícháváním se vyrovnává teplota vody v zásobníku. Voda v zásobníku se tedy ohřívá rovnoměrně v celém svém objemu. Nabíjení akumulční nádrže na použitelnou úroveň tedy trvá déle než u druhého typu nádrže, ale při ohřátí na požadovanou teplotu máme plně nabitou.

Druhou možností využití akumulční nádrže je její zapojení, které umožňuje nabíjení i vybíjení vrchním ventilem. Při nabíjení se tedy obsah nádrže nepromíchává, ale plní se teplou vodou postupně od vršku nádrže směrem k její nejnižší části. Toto zapojení tedy dovoluje okamžité použití naakumulované části tepelné energie, aniž by musela být nádrž plně nabitá. K dispozici je však pouze část objemu nádrže.

Pro účely návrhu kogenerační jednotky v této práci bude použito druhého zmíněného způsobu akumulace tepelné energie, tedy v teplovodních nádržích s vrchním plněním a vrchním odčerpáváním. Stávající systém pracuje na tomto základě a pro systém kogenerační jednotky pouze rozšíříme objem akumulované vody. Ke stávajícím třem nádržím o celkovém objemu 3 m³ budou přidány další 4 nádrže stejného typu a konstrukce. Konečný objem akumulčních nádrží bude 7 m³. Vzájemné propojení nádrží v otopném systému bude koncipováno paralelně s automaticky řízeným přepínáním nádrží s možností nastavení maximálního počtu využívaných nádrží.

Důležitým faktorem uchovávání tepla v akumulčních nádržích je jejich tepelná izolace vnějšího pláště. Zde platí, čím lepší tepelná izolace, tím vyšší tepelné účinnosti bude zásobník dosahovat. Je důležité si uvědomit, na jak dlouhou dobu teplo do zásobníku ukládáme a podle toho zvolit vhodnou tepelnou izolaci.

7.2.3 Ekonomické zhodnocení výhodnosti projektu

Jak již bylo předestřeno v předchozích kapitolách, v závěrečné části této práce bude ekonomické zhodnocení více vybraných možností realizace systému kogenerační jednotky pro rodinný dům. Z tohoto důvodu tedy nesmí v teoretickém rozboru úlohy chybět podklady objasňující jednotlivé ekonomické ukazatele výhodnosti projektu.

7.2.3.1 Cash flow - CF

Cash flow, neboli tok peněz je veličina určující rozdíl mezi financemi vydanými a přijatými v určitém období. Jednodušeji řečeno se jedná o sumu peněz, která vyjde po odečtení výdajů od příjmů v daném kalendářním období. Peněžní tok se nejčastěji stanovuje pro období jednoho roku. Je to tedy důležitá veličina, která dokládá schopnost subjektu generovat peníze.

Cash flow se vypočítá dle vzorce:

$$CF = \Sigma(\text{Příjmy}) - \Sigma(\text{Výdaje}) \quad (9)$$

Cash flow nabývá kladných hodnot ve chvíli, kdy projekt vydělává peníze. Pokud je peněžní tok nulový nebo záporný nabízejí se dvě možnosti. Buď je provoz nevýhodný, a nebo byla učiněna v daném období velká investice. Dle peněžního toku tedy není možné jednoznačně určit ekonomickou výhodnost a je třeba se na problematiku podívat z většího časového horizontu. Při výpočtu CF se také nebere v úvahu diskontní míra, tedy výpočet je o to více nepřesný. Cash flow se tedy hodí pouze pro kratší projekty.

7.2.3.2 Discounted cash flow - DCF

Jedná se o peněžní tok diskontovaný. To znamená, že je ve výpočtu počítáno s diskontní mírou (r). Diskontní míra zohledňuje časovou hodnotu peněz. Budoucí výdaje a příjmy tedy pomocí diskontní míry přepočítáváme na současnou hodnotu, podle které lze lépe zhodnotit výhodnost investice. Tento způsob výpočtu peněžního toku lze tedy využít pro hodnocení dlouhodobějších projektů.

Discounted cash flow se vypočítá dle vzorce:

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (10)$$

Oproti cash flow je diskontovaný cash flow přesnější pouze za předpokladu, že je zvolena správná hodnota diskontu. Bohužel, určit diskont není vůbec jednoduché. Při jeho určování je třeba zvažovat mnoho proměnných, které jsou odvislé například od situace na trhu, ale také mohou být ovlivněny politickou nebo sociální situací v zemi i ve světě.

7.2.3.3 Payback period, Discounted payback period

Prostá (PP) i diskontovaná doba návratnosti (DPP) investice jsou si velice podobné. V obou případech se jedná o časový údaj, po jehož uplynutí se investorovi zcela vrátí investice. Rozdíl je v tom, jaké cash flow použijeme při výpočtu.

Pro **prostou dobu návratnosti** užíváme cash flow bez ohledu na časovou hodnotu peněz. Spočítáme jí dle vzorce:

$$PP = \frac{Investice}{CF} \quad (11)$$

Diskontovaná doba návratnosti investice se vypočítává z diskontovaného cash flow a je tedy brána v potaz časová hodnota peněz. Je dána vzorcem:

$$DPP = \frac{Investice}{DCF} \quad (12)$$

Opět je třeba zvolit vhodnou variantu. Varianta se vybírá dle časového horizontu investice. Pro obě doby návratnosti platí, že čím kratší tato doba je, tím výhodnější je investovat právě do tohoto projektu.

7.2.3.4 Net present value - NPV

Net present value (NPV), neboli čistá současná hodnota je jednou z nejlepších a také nejpoužívanějších metod zjišťování výnosnosti projektu. NPV počítá s časovou hodnotou peněz, riziky investice a opportunity costs. Opportunity costs, volně přeloženo náklady obětované příležitosti, jsou výnosy, které mohl investor získat, kdyby investoval do jiného projektu. Jedná se tedy o míru ušlého zisku. Čistá současná hodnota se určuje přes celou dobu života (T_z) projektu.

Net present value se vypočítá dle vzorce:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - Investice \quad (13)$$

Výsledkem výpočtu čisté současné hodnoty projektu je absolutní hodnota přínosu investice v současných cenách. Výsledek tedy udává, kolik peněz realizace projektu přinese. Při srovnávání více možností investice je cílem vybrat tu možnost, která dosahuje vyšší hodnoty NPV. V případě, že hodnota NPV vyjde rovna nule, znamená to, že výnos z investice je přesně stejný jako očekávaný výnos. Pokud je hodnota NPV kladná, potom investice generuje vyšší výnos, než jsme očekávali. Oproti tomu záporný výsledek NPV značí nižší než očekávaný výnos. Záporné NPV však nutně nemusí znamenat prodělek.

7.2.3.5 Internal Rate of Return - IRR

Internal rate of return, neboli vnitřní výnosové procento je ukazatelem pro relativní výnos, který projekt během svého životního cyklu poskytuje. Tento způsob hodnocení počítá s časovým průběhem nákladů a výnosů. Stejně tak, jako hodnocení výhodnosti investice dle NPV, se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod hodnocení projektu. Vnitřní výnosové procento je vlastně diskontní míra, pro kterou je NPV rovno nule.

Internal rate of return se tedy vypočítá následovně:

$$0 = \sum_{t=1}^{T\check{z}} \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - Investice \quad (14)$$

Výpočet vnitřního výnosového procenta není nijak jednoduchý a pro projekty trvající déle než dva roky je vhodné využít výpočetního softwaru. Dalším problémem může být více možných řešení nebo dokonce neexistující řešení. Čím je vnitřní výnosové procento vyšší, tím je výhodnější do daného projektu investovat. Pokud je vnitřní výnosové procento vyšší než diskontní sazba je očividné, že se investice vyplatí.

8 Vlastní dimenzování kogenerační jednotky

8.1 Stanovení potřeby tepla

Pro určení hodnoty potřeby tepla pro vybraný rodinný dům byl využit výpočetní program od firmy PROTECH. Software pro oblast hodnocení energetické náročnosti budov a TZB z produkce této firmy patří v České republice k nejrozšířenějším. Programy jsou průběžně doplňovány a rozšiřovány v návaznosti na legislativu a vývoj nových výpočtových norem.

Pro účely této práce byl využit modul TV - Tepelný výkon. Tento program je určen k výpočtu návrhového tepelného výkonu podle ČSN EN 12831 a STN EN 12831.

Pomocí modulu TV byl namodelován vybraný objekt a nastavena jeho lokace v rámci České republiky. Po nastavení všech dispozic, stavebních a izolačních materiálů byla v programu vypočtena celková roční spotřeba energie na vytápění. Byla tedy získána hodnota celkové potřeby tepla a její rozložení v průběhu roku.

Měsíc	Dny	tes °C	Ev kWh	Ev MJ	Ev %	Bv m³
8	0	15,0	0	0,0	0,0	0,0
9	23	12,5	3256	3255,9	3,5	385,2
10	31	8,0	7979	7979,0	8,6	943,9
11	30	2,3	12123	12122,9	13,0	1434,2
12	31	-0,9	15080	15080,2	16,2	1784,1
1	31	-2,8	16596	16596,2	17,8	1963,4
2	28	-1,3	13909	13909,1	14,9	1645,5
3	31	2,6	12288	12287,6	13,2	1453,7
4	30	7,2	8339	8339,3	9,0	986,6
5	26	12,7	3547	3546,8	3,8	419,6
6	0	15,0	0	0,0	0,0	0,0

Celkem Ev = 93117,0 kWh
335,2 GJ
Bv = 11016,1 m³

Obr. 7: Tabulka výpočtu potřeby energie programu PROTECH.

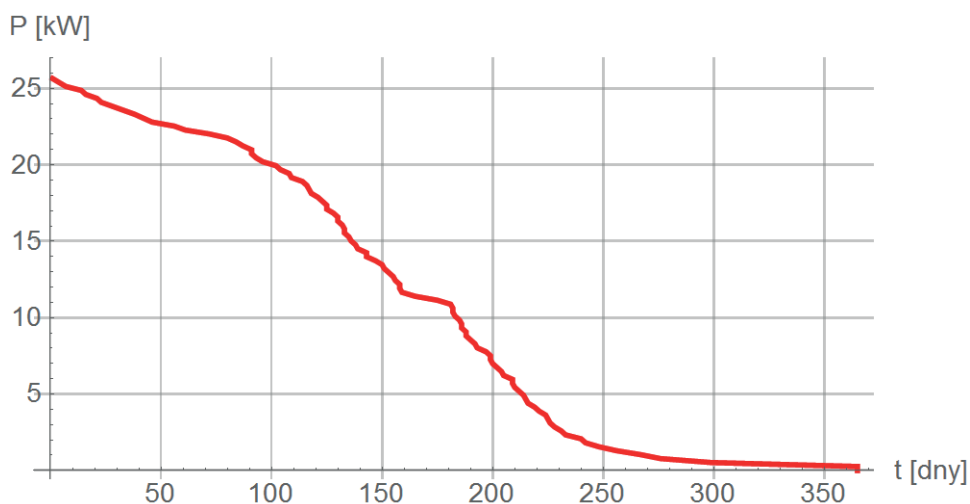
8.2 Výpočty v programu Mathematica

Program výpočtů v softwaru Mathematica je rozdělen do tří částí. V první části dimenzujeme tepelný výkon dodávaný Mikrokogenerační jednotkou. V druhé části vycházím z již získaných dat a dále stanovujeme vyrobenou a upotřebenou elektrickou energii dodanou mikrokogenerační jednotkou. V poslední části výpočtového programu se nachází ekonomické zhodnocení.

V rámci ekonomického zhodnocení jsou uvažovány tři možnosti provozu mikrokogenerační jednotky. Pro všechny 3 možnosti jsou dále uvažovány dva alternativní způsoby vytápění, vůči kterým projekt ekonomicky hodnotím. Přesněji počítám ekonomickou výhodnost realizace projektu pro různé počty provozních hodin kogenerační jednotky. Roční provozní hodiny jednotky jsou voleny tak, aby každá z variant představovala maximální možné využití zeleného bonusu s ohledem na potřebu tepelné energie vybraného rodinného domu.

8.2.1 Tepelná část modelu

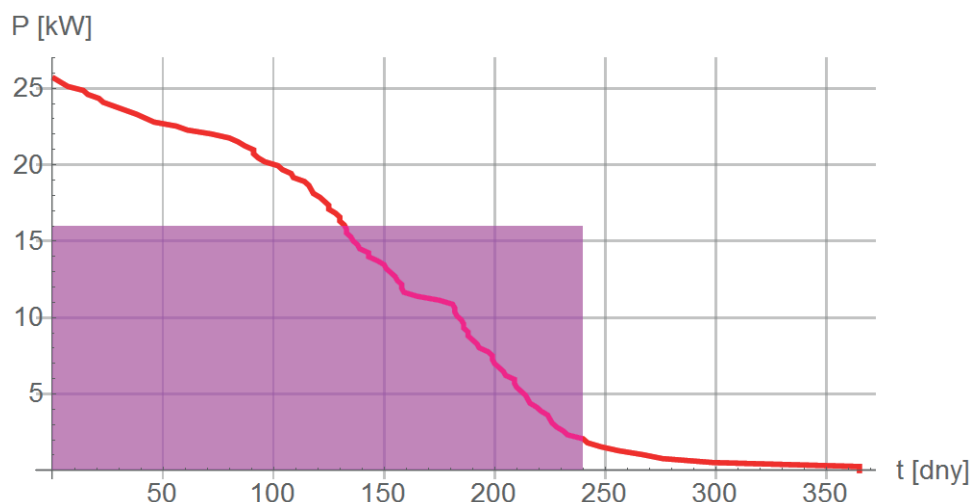
V této části výpočtu je nejprve stanovena křivka potřeby tepla objektu. Tato křivka je získána pomocí hodnoty celkové spotřeby tepelné energie na vytápění a typizovaných denních dodávek plynu pro lokalitu východních Čech. Rodinný dům byl zařazen do kategorie DOM4 - Domácnost s odběrem plynu větším nebo rovným 7, 56 MWh/rok pouze na vytápění plynem.



Obr. 8: Křivka potřeby tepla rodinného domu.

Po získání této křivky se dimenzuje celkový tepelný výkon dodaný mikrokogenerační jednotkou do otopného systému. Dimenzuje se tak, aby kogenerační jednotka s pomocí akumulčních nádrží dokázala pokrýt co nejvíce potřeby tepla objektu. Tedy aby tepelná energie dodávaná plynovým kotlem byla co nejmenší.

Mikrokogenerační jednotka dokáže nejlépe pokrýt potřebu tepelné energie objektu při 5760 provozních hodinách. Tato hodnota odpovídá 240 dnům provozu a je jednou z uvažovaných možností ekonomického zhodnocení.



Obr. 9: Křivka potřeby tepla rodinného domu s vneseným celkovou tepelnou energií dodanou KJ.

V poslední části jsou výpočty, které určují množství tepelné energie, která je využita z tepelného výkonu mikrokogenerační jednotky, a kterou je nutno dodat prostřednictvím plynového kotle.

Celková potřebná tepelná energie $P_t = 93116.8$ kWh.

Celkový tepelný výkon dodaný mikrokogenerační jednotkou $P_{tkon} = 92160$ kWh.

Celkový tepelný výkon dodaný plynovým kotlem $P_{tkotel} = 2819.$ kWh.

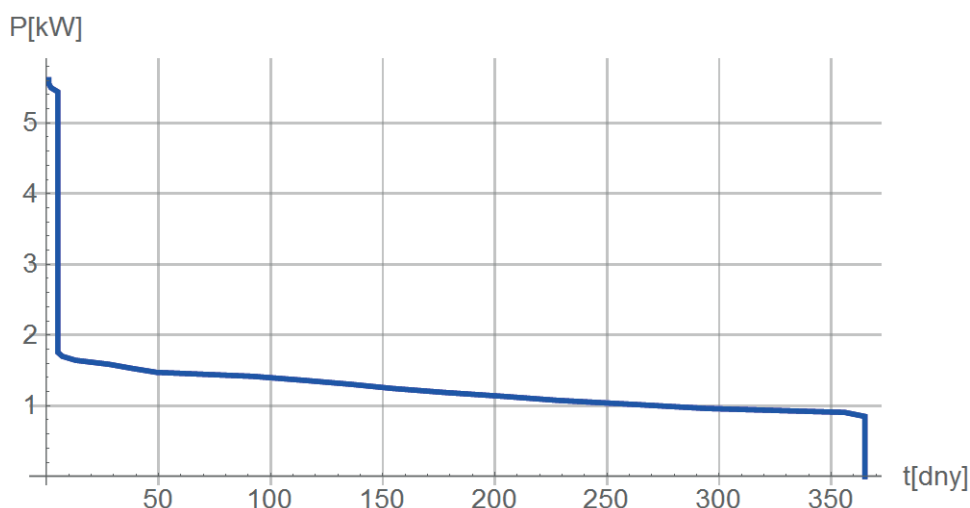
Obr. 10: Výsledky tepelné části výpočtu v programu Mathematica.

8.2.2 Elektrická část modelu

Podobně jako v tepelné části i elektrická část modelu vychází z celkové potřeby elektrické energie objektu na rok. Tento údaj byl získán z vyúčtování odběru elektrické energie z distribuční sítě za posledních 5 let.

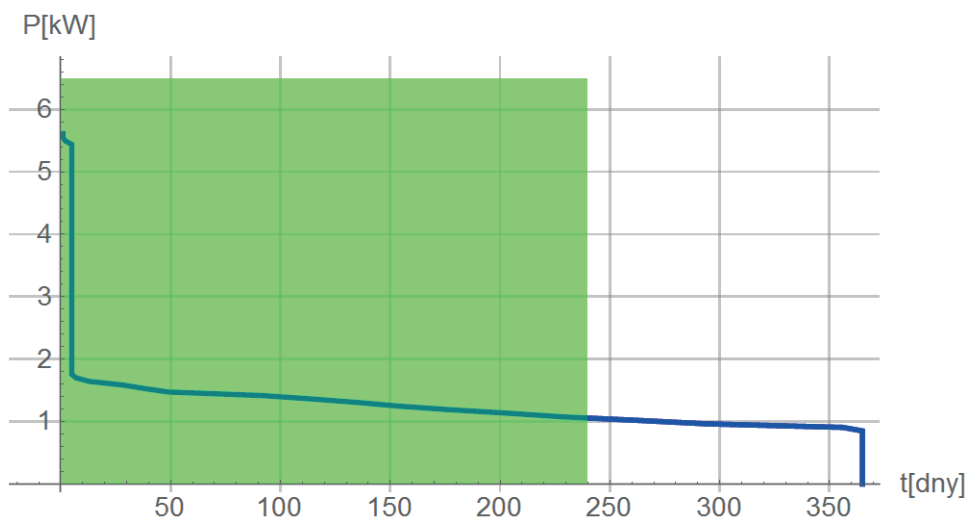
Pomocí typizovaného průběhu denních dodávek elektrické energie a hodnoty celkové potřeby elektrické energie objektu byla získána křivka potřeby elektrické energie objektu. Rodinný dům byl zařazen do kategorie TDD5 - Domácnost, odběr s akumulacním spotřebičem ve východních Čechách. Typizované průběhy deních dodávek elektrické energie byli získány, tak jako v případě plynu, od společnosti OTE, a.s..

K takto získané křivce je nutné ještě připočítat výkonovou špičku, která odpovídá využití spotřebičů s vyšší příkonem.



Obr. 11: Křivka potřeby tepla rodinného domu.

V této fázi výpočtu již známe počet hodin, respektive dní provozu kogenerační jednotky. Je také známý elektrický výkon mikrokogenerační jednotky. Zobrazíme tedy celkové množství vyrobené elektrické energie do křivky potřeby dodávek.



Obr. 12: Křivka potřeby elektrické energie rodinného domu s vynesenu celkovou elektrickou energií dodanou KJ.

Dále následují výpočty, které jednoznačně určují množství vyrobených a spotřebovaných energií. Také zde nalezneme množství elektrické energie, které je nutné dodat do distribuční sítě a také množství, které je nutno nakoupit ve chvílích mimo provozní hodiny kogenerační jednotky.

Celková potřebná elektrická energie $P_{el} = 10718.5 \text{ kWh}$.
 Celkový elektrický výkon dodaný mikrokogenerační jednotkou $P_{elkon} = 37440. \text{ kWh}$.
 Celkový elektrický výkon dodaný do sítě $P_{prodej} = 29521. \text{ kWh}$.
 Celkový elektrický výkon odebraný ze sítě $P_{nakup} = 2799.49 \text{ kWh}$.

Obr. 13: Výsledky elektrické části výpočtu v programu Mathematica pro 240 provozních dní.

8.2.3 Ekonomické zhodnocení

V této poslední části výpočtu je vyhodnocena ekonomická výhodnost investice.

Hodnotím tedy tři možnosti volby provozních hodin mikrokogenerační jednotky a porovnávám je vůči dvěma variantám alternativního vytápění.

Jako variantu č. 1 alternativního vytápění jsem zvolil stávající způsob, tedy vytápění dřevozplynujícím kotlem. Varianta č. 2 je využívání plynového kondenzačního kotle jako hlavního zdroje tepelné energie otopného systému.

Všechny varianty a možnosti byly zhodnoceny ekonomickými ukazateli zmíněnými v kapitole 7.2.3 o ekonomickém zhodnocení výhodnosti projektu.

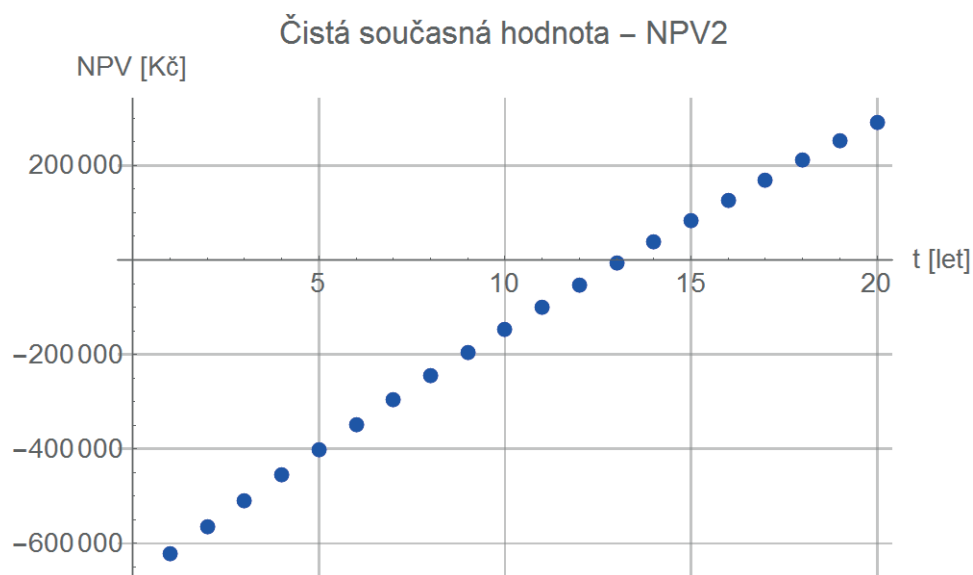
Výsledkem ekonomického zhodnocení je následující tabulka seskupených dat.

Počet provozních hodin	3000 h - 125 dnů		4392 h - 183 dnů		5760 h - 240 dnů	
Varianta	1	2	1	2	1	2
Celková investice [Kč]	680 000		728 000		728 000	
Zelený bonus [Kč]	38 415		42 964.7		42 964.7	
CF [Kč]	-14 096.2	60 409.1	-11 236.6	64 462.3	-14 891.2	62 119.4
NPV 20 let [Kč]	-906 831	292 083	-908 815	309 305	-96 7624	27 1604
IRR [-]		0.115		0.114		0.108

Tab. 3: Souhrnná tabulka ekonomického zhodnocení.

Z tabulky jasně vyplývá, že v případě varianty 1 se investice do zřízení mikrokogenerační jednotky absolutně nevyplatí. Ukazatelé ekonomické výhodnosti investice CF a NPV nabývají záporných hodnot a IRR nelze stanovit. Vložená investice by se v tomto případě nikdy nevrátila a každý rok by investor stále více prodělával. Naopak pro variantu 2 jsou ekonomicky výhodné všechny tři možnosti provozování mikrokogenerační jednotky. Dle ukazatele NPV se zdá být nejvýhodnější možností provozu využití kogenerace 183 dní v roce. Pokud se ale podíváme na vnitřní výnosové procento, je výhodnější varianta s délkou provozu 125 dní v roce. Tento trochu matoucí stav je zapříčiněn rozdílnou vstupní investicí, která se liší o cenu nových akumulčních nádrží, tedy o 48 000 Kč.

V tomto případě nelze zcela jednoznačně určit nejvýhodnější dobu provozu mikrokogenerační jednotky. Zejména proto, že zvýhodnění jedné či druhé možnosti závisí například na aktuální finanční situaci investora.



Obr. 14: Graf NPV, 3000 provozních hodin, var. 2.

Pokud se ale vrátíme k posouzení ekonomické výhodnosti investice za současných podmínek, tedy vycházíme z reálné situace, kdy se pro vytápění objektu využívá dřevosplynujícího kotle, je nutné konstatovat, že se realizace mikrokogenerační jednotky jako náhrada vytápění dřevosplynujícími kotlem pro vybraný rodinný dům nevyplatí. Návrh mikrokogenerační jednotky, obsažený v této práci, nelze z těchto důvodů doporučit k realizaci.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo, dle legislativních a normativních předpisů, navrhnout mikrokogenerační systém pro rodinný dům. Vytvořit model provozu pro zvolenou budovu a pomocí tohoto modelu provést ekonomické zhodnocení projektu.

Práce je rozdělena do tří částí. V první z nich se nachází teoretické poznatky ohledně kogeneračních jednotek, důležité zásady návrhování jejich aplikací a teoretický výčet ekonomických ukazatelů výhodnosti projektu. V následující části práce je obsažen teoretický rozbor vlastního návrhu mikrokogenerační jednotky, ujasnění cílů práce a nastínění jejich řešení. V poslední části práce je popsán vlastní návrh kogenerace a její model provozu. Nalezneme zde také výpočty pro zhodnocení ekonomické výhodnosti projektu. V samém závěru práce se nalézá doporučení pro realizaci návrhu mikrokogenerační jednotky.

Veškeré výpočty prováděné v rámci této práce byly realizovány v softwaru Wolfram Mathematica, kromě modelace domu a výpočtu potřeby tepelné energie, které byly provedeny v programu PROTECH. Celý výpočtový program a použité ceníky lze nalézt v přílohách této práce.

Seznam použité literatury

- [1] Česká republika. Zákon č. 165/2012 Sb.: Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: Sbírka zákonů č. 59/2012. 2012.
- [2] BUDIN, Jan. Kogenerace – princip, technologie a výhody [online]. 2015 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/kogenerace-princip-technologie-a-vyhody/>
- [3] Typy kogeneračních zařízení a jejich použití [online]. 2013 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/typy-kogeneracnich-zarizeni-a-jejich-pouziti/>
- [4] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. Kogenerační jednotky - zřizování a provoz. Praha: GAS, 2007. GAS. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [5] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN - technická literatura, 2005. GAS. ISBN 80-730-0118-7.
- [6] BERANOVSKÝ, Jiří, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. EkoWATT: KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA [online]. 2007 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>
- [7] TEDOM: Kogenerace. TEDOM A.S. [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/>
- [8] TZB-INFO: Kogenerace [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/>
- [9] Česká republika. Vyhláška č. 37/2016 Sb.: Vyhláška o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů. In: 14/2016 Sb. 2016.

- [10] Česká republika, Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). Státní energetická koncepce (SEK). [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>
- [11] Česká republika, Energetický regulační úřad (ERÚ). Energetický regulační věštník. [online]. [cit. 2017-04-21]. In: Platná cenová rozhodnutí Energetického regulačního úřadu. Jihlava. 2015-2017. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti>
- [12] Ing. Jan Mareš, prof. Ing. Martin Libra, CSc. a Ing. Vladislav Poulek, CSc. Akumulace elektrické energie. Časopis ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku. FCC Public, 2011, 2/2011.
- [13] RNDr. Vojtěch Orel, CSc. TZB-INFO: Akumulace tepelné energie při skupenských změnách látek [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1005-akumulace-tepelne-energie-pri-skupenskych-zmenach-latek>
- [14] SALAVEC, Jiří. Trh s elektřinou. [online]. 2015 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou/>
- [15] KREJČOVÁ, Šárka. Jak funguje český trh elektřiny [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/344717/esf_b/Final_1.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Ing. Michal Kvasnička, Ph.D.
- [16] PXE. Burzovní řád: Pravidla účasti. Praha, 2015. [online]. 2015 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: https://www.pxe.cz/pxe_downloads/Rules_Regulation/Cz/PXE_pravidla_ucastnictvi.pdf
- [17] PXE website [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.pxe.cz>

Seznam obrázků a grafů

- Obr. 1: Rozdělení tepla přivedeného v palivu na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty v jednotlivých typech kombinované a oddělené výroby (převzato a upraveno z [6]).
- Obr. 2: Porovnání účinnosti výroby energie (převzato a upraveno z [7]).
- Obr. 3: Křivka potřeby tepla pro rodinný dům, který je předmětem této práce.
- Obr. 4: Akumulační nádrž MAGNADO 1000l (převzato a upraveno z <http://www.akunadrze.cz>).
- Obr. 5: Výsledky denního trhu 26.5.2017 (převzato a upraveno z <http://www.ote-cr.cz>).
- Obr. 6: Mikrokogenerační jednotka TEDOM MICRO T30 (převzato a upraveno z <http://kogenerace.tedom.com>).
- Obr. 7: Tabulka výpočtu potřeby energie programu PROTECH.
- Obr. 8: Křivka potřeby tepla rodinného domu.
- Obr. 9: Křivka potřeby tepla rodinného domu s vynesným celkovou tepelnou energií dodanou KJ.
- Obr. 10: Výsledky tepelné části výpočtu v programu Mathematica.
- Obr. 11: Křivka potřeby tepla rodinného domu.
- Obr. 12: Křivka potřeby elektrické energie rodinného domu s vynesnou celkovou elektrickou energií dodanou KJ.
- Obr. 13: Výsledky elektrické části výpočtu v programu Mathematica pro 240 provozních dní.
- Obr. 14: Graf NPV, 3000 provozních hodin, var. 2.

Seznam tabulek

Tab. 1: Výše zelených bonusů, výroby do 5 MWe (převzato a upraveno z [11]).

Tab. 2: Výše zelených bonusů, výroby nad 5 MWe (převzato a upraveno z [11]).

Tab. 3: Souhrnná tabulka ekonomického zhodnocení.

Seznam příloh

P. č. 1: Kód výpočetního modelu: Návrh mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům

P. č. 2: Ceník zemního plynu Innogy 2017

P. č. 3: Ceník elektrické energie ČEZ Prodej s. r. o. 2017

```

In[5431]:= (* Návrh mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům -
            model provozu a ekonomické zhodnocení *)

Quiet@Remove["Global`*"];
SetDirectory[NotebookDirectory[]];
FileNames[];

In[5434]:= (* Parametry mikrokogenerační jednotky *)

In[5435]:= Vykontep = 16; (*kW*) (* Tepelný výkon kogenerační jednotky *)
Vykone1 = 6.5; (*kW*) (* Elektrický výkon výkon kogenerační jednotky *)
CelkovaSpotrebatep = 93117; (*kWh*)
(* Celková hodnota potřeby tepla určená pomocí programu PROTECH *)
CelkovaSpotrebael = 10718; (*kWh*) (* Celková hodnota potřeby
elektrické energie určená z vyúčtování energií za rok 2016 *)
ZapnutiDny = 240; (*dny*) (* Počet dní za rok,
kdy pracuje kogenerační jednotka *) (* Zadávat hodnoty 1-365 *)
(* Ekonomické zhodnocení provedeno pro hraniční body 125, 183, 240 dní *)

(* Tepelná část modelu *)

In[5440]:= TDDplyn = Import["Normalizovane_TDD_plyn_2017_CZ.xls"][[1]];
(* Načtení tabulky typizovaných diagramů dodávek (TDD) -
využití pro modelaci diagramu potřeby tepla *)

In[5441]:= TDDplynData = Drop[Drop[TDDplyn, 6], -3];
(* Oříznutí importované tabulky o nepotřebné řádky *)

In[5442]:= VyberSloupceTDD = 4; (* Výběr příslušného TDD v tomto případě DOM4 -
Domácnost s odběrem plynu větším nebo rovným 7,56 MWh/rok pouze na
vytápění plynem*)
DataTDD[i_] := #[[i + 2]] & /@ TDDplynData
(* Funkce pro načtení zvoleného diagramu *)
KorekcnisoucinitelTep =  $\frac{1}{0.99137}$ ; (* Numerická korekce potřeby tepla *)

JednotliveVykony =
KorekcnisoucinitelTep *  $\frac{\text{CelkovaSpotrebatep}}{24}$  * DataTDD[WyberSloupceTDD];
(* Určení Správných hodnot výkonů pro jednotlivé dny *)
DataTDD[WyberSloupceTDD];

```

```

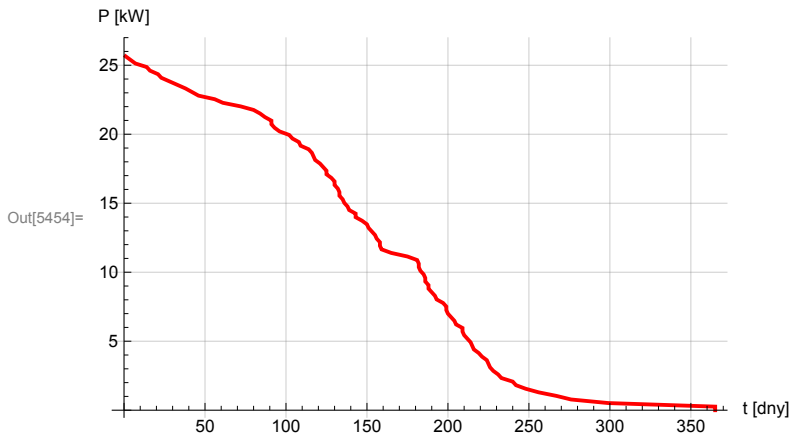
In[5447]:= MaxP = Max[JednotliveVykony];
(* Příprava a funkce pro vytvoření průběhu potřeby tepla *)
MinP = 10-6;
nVykonu = 100;

$$\Delta P = \frac{\text{MaxP} - \text{MinP}}{\text{nVykonu} - 1};$$

Vykony = JednotliveVykony;
nDni[vykon_] := Module[{sel},
  sel = Select[Vykony, # ≥ vykon &];
  Length[sel]
];

DataCara = Evaluate[{nDni[#], #} & /@ Range[0, MaxP, ΔP]];
(* Určení jednotlivých bodů průběhu *)
Graf = ListPlot[DataCara, AxesLabel → {"t [dny]", "P [kW]"},
  PlotStyle → {Thick, Red}, GridLines → Automatic, PlotRange → All, Joined → True]
(* Vynesení bodů průběhu potřeby tepla a jejich lineární propojení do grafu*)

```



```

In[5455]:= Funkce = Interpolation[Reverse[DeleteDuplicates[DataCara, #1[[1]] == #2[[1]] &]],
  InterpolationOrder → 1]; (* Vytvoření spojitého průběhu potřeby tepla *)

```

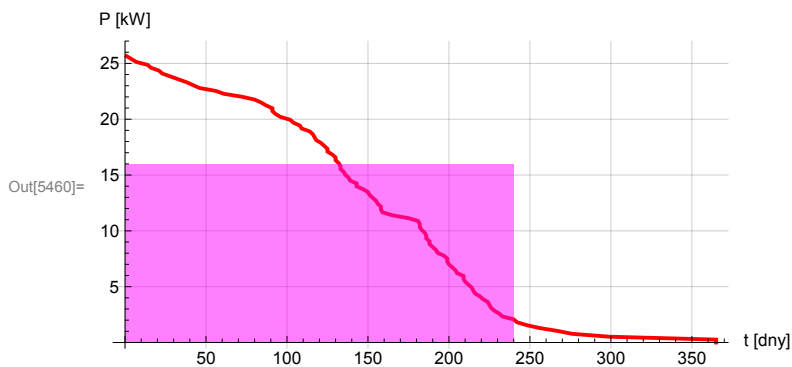
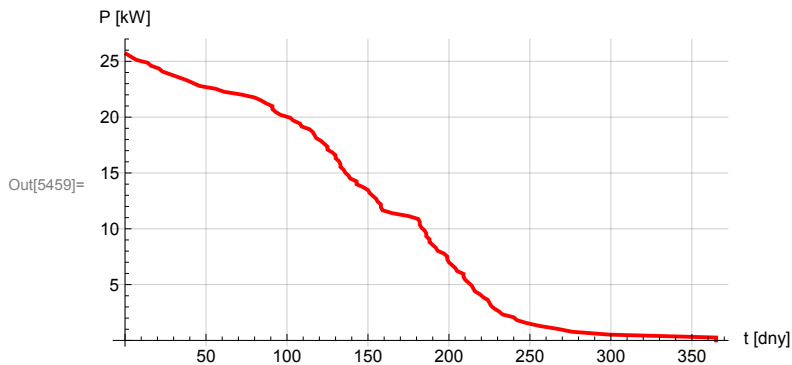
```

In[5456]= VydejObdelnik[Pmax1_, Pmax2_] :=
  Quiet@Module[{cas, t, Strana1, Strana2, gr}, (* Funkce pro vytvoření
    obdelniku výroby kogenerační jednotky do průběhu potřeby tepla *)
    Strana1 = ZapnutiDny;
    Strana2 = t /. FindRoot[Funkce[t] == Pmax2 + Pmax1, {t, 180}];

    gr = Graphics[
      {Magenta, Opacity[0.5], Rectangle[{0, 0}, {Strana1, Pmax1}], Blue}];
    Show[Graf, gr, AspectRatio -> 0.5, PlotRange -> All]
  ];

Rozmer1 = Vykontep;
Rozmer2 = 0;
BezObdelniku = VydejObdelnik[0, 0]
(* Vykreslení průběhu potřeby tepla bez kogenerace *)
VydejObdelnik[Rozmer1, Rozmer2]
(* Vykreslení průběhu potřeby tepla s průběhem kogenerace *)

```



In[5461]=

```

EnergieKogentep = ZapnutiDny * Vykontep * 24;
(* Výpočet celkové vyrobené tepelné energie mikrokogenerační jednotkou*)
EnergiePotrebnatep = NIntegrate[Funkce[den], {den, 1, 365}] * 24;
(* Integrace funkce potřeby tepla - výpočet celkové potřeby tepla *)
EnergieAkutep = EnergieKogentep - (133 * Vykontep * 24) -
  NIntegrate[Funkce[den], {den, 133, ZapnutiDny}] * 24;
(* Výpočet množství uložené energie v nádržích *)
EnergieAkuVyuzitelna = EnergieAkutep * 0.9;
(* Využitelné množství tepla z akumulčních nádrží *)
EnergieKotel = EnergiePotrebnatep - (133 * Vykontep * 24) -
  (NIntegrate[Funkce[den], {den, 133, ZapnutiDny}] * 24) - EnergieAkuVyuzitelna;
(* Množství tepelné energie potřebné dodat kotlem *)
Kontrola = EnergieKogentep - EnergieAkutep - 133 * Vykontep * 24 -
  NIntegrate[Funkce[den], {den, 133, ZapnutiDny}] * 24;
ZtratyvAku = EnergieKogentep + EnergieKotel - EnergiePotrebnatep;
ZtratyvAku2 = EnergieAkutep * 0.1;

```

```

Print[Style["Celková potřebná tepelná energie Pt = ", Bold, Red, 20,
  "Helvetica"], Style[EnergiePotrebnatep, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style["Celkový tepelný výkon dodaný mikrokogenerační jednotkou Ptkon = ",
  Bold, Red, 20, "Helvetica"], Style[EnergieKogentep, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style["Celkový tepelný výkon dodaný plynovým kotlem Ptkotel = ", Bold,
  Red, 20, "Helvetica"], Style[EnergieKotel, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]

```

Celková potřebná tepelná energie Pt = 93116.8 kWh.

**Celkový tepelný výkon dodaný
mikrokogenerační jednotkou Ptkon = 92160 kWh.**

**Celkový tepelný výkon dodaný
plynovým kotlem Ptkotel = 2819. kWh.**

In[5472]=

```
(* Elektrická část modelu *)
```

In[5473]=

```
TDDel = Import["Normalizovane_TDD_2017_CZ_EL.xls"][[1]];
(* Načtení tabulky typizovaných diagramů dodávek (TDD) -
  využití pro modelaci diagramu potřeby elektrické energie *)
```

In[5474]=

```
TDDelData = Drop[Drop[TDDel, 6], -3];
(* Oříznutí importované tabulky o nepotřebné řádky *)

VyberSloupceTDDel = 11;
(* Výběr příslušného TDD v tomto případě TDD5 - Domácnost,
  odběr s akumulčním spotřebičem *)
DataTDDel[i_] := #[[i + 3]] & /@ TDDelData
(* Funkce pro načtení zvoleného diagramu *)
```

In[5477]:=

```

PridavnyVykon = 4; (*kW*) (*Vytvoření výkonové špičky
  simulující využívání přístrojů o vyšších příkonech*)
fce[den_] := PridavnyVykon /; den < 6
fce[den_] := 0 /; den > 5
PripocetVykonu = Table[fce[i], {i, 1, 365}];

```

```

In[5481]:= KorekcniSoucinitelEl =  $\frac{1}{24\,000 * 3.5828}$ ;

```

```
(* Numerická korekce potřeby elektrické energie *)
```

```

JednotliveVykonyel = Total /@ Partition[KorekcniSoucinitelEl *
  CelkovaSpotrebael * DataTDDel[VyberSloupceTDDel], 24] + PripocetVykonu;
(* Určení Správných hodnot výkonů pro jednotlivé dny *)

```

```

In[5483]:= MaxPel = Max[JednotliveVykonyel];

```

```
(* Příprava a funkce pro vytvoření průběhu potřeby tepla *)
```

```
MinPel = 10-6;
```

```
nVykonuel = 100;
```

```

ΔPel =  $\frac{\text{MaxPel} - \text{MinPel}}{\text{nVykonuel} - 1}$ ;

```

```
Vykonyel = JednotliveVykonyel;
```

```

nDniel[vykon_] := Module[{sel},
  sel = Select[Vykonyel, # ≥ vykon &];
  Length[sel]
];

```

```
DataCarael = Evaluate[{nDniel[#], #} & /@ Range[0, MaxPel, ΔPel]];
```

```
(* Určení jednotlivých bodů průběhu *)
```

```
Grafel = ListPlot[DataCarael, AxesLabel → {"t[dny]", "P[kW]"},
```

```
PlotStyle → {Thick, Blue}, GridLines → Automatic, PlotRange → All, Joined → True]
```

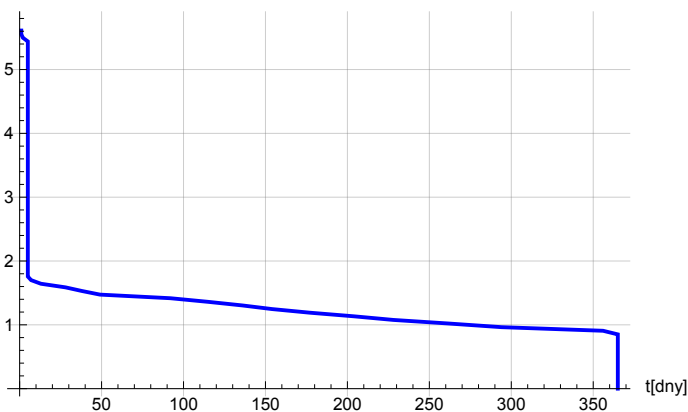
```
(* Vynesení bodů průběhu potřeby el. energie a
jejich lineární propojení do grafu*)
```

```
Funkceel = Interpolation[Reverse[
```

```
DeleteDuplicates[DataCarael, #1[[1]] == #2[[1]] &], InterpolationOrder → 1];
```

```
(* Vytvoření spojitého průběhu elektrické energie *)
```

```
P[kW]
```

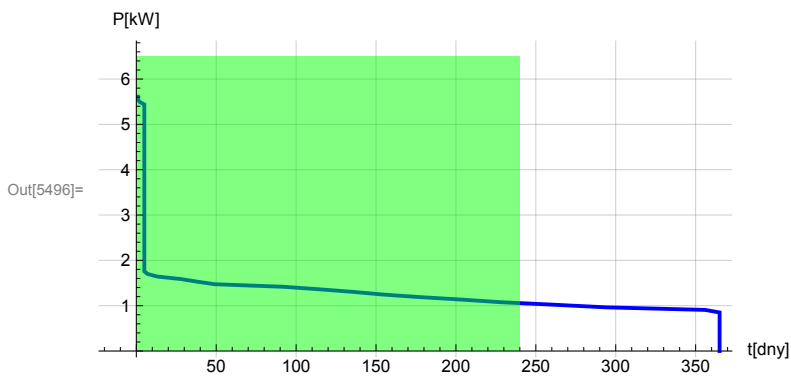
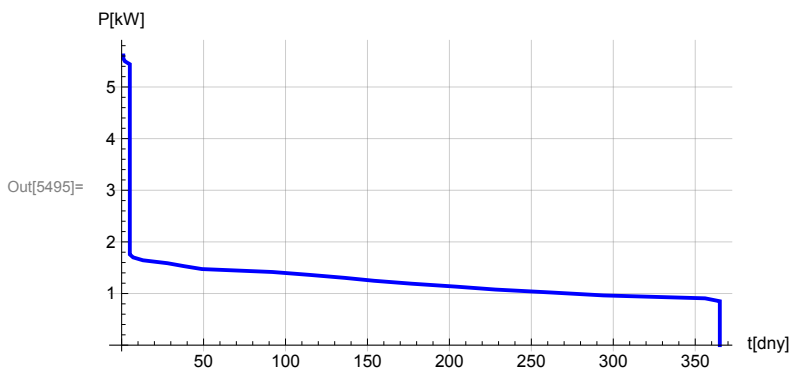


Out[5490]=

```
In[5492]= VydejObdelnikel[Pmax1_, Pmax2_] := Quiet@Module[{cas, t, Strana1, Strana2, gr},
  Strana1 = ZapnutiDny;
  Strana2 = t /. FindRoot[Funkceel[t] == Pmax2 + Pmax1, {t, 180}];
  (* Funkce pro vytvoření obdelniku výroby kogenerační
  jednotky do průběhu potřeby el. energie *)

  gr = Graphics[{Green, Opacity[0.5], Rectangle[{0, 0}, {Strana1, Pmax1}],
  Red, Rectangle[{0, Pmax1}, {Strana2, Pmax2 + Pmax1}]}];
  Show[Grafel, gr, AspectRatio -> 0.5, PlotRange -> All]
];
```

```
In[5493]= Rozmer1el = Vykonel;
Rozmer2el = 0;
BezObdelnikuel = VydejObdelnikel[0, 0]
(* Vykreslení průběhu potřeby tepla bez kogenerace *)
VydejObdelnikel[Rozmer1el, Rozmer2el]
(* Vykreslení průběhu potřeby tepla s průběhům kogenerace *)
```



In[5497]:=

```

EnergieKogenel = ZapnutiDny * Vykonel * 24;
(* Celkové množství elektrické energie získané z mikrokogenerační jednotky *)
EnergiePotrebnael = NIntegrate[Funkceel[den], {den, 1, 365}] * 24;
(* Integrace funkce potřeby el. energie -
výpočet celkové potřeby el. energie *)
EnergiePokrytaKogenel = NIntegrate[Funkceel[den], {den, 1, ZapnutiDny}] * 24;
(* Výpočet množství el. energie pokryté z mikrokogenerační jednotky *)
EnergieSitProdej = EnergieKogenel - EnergiePokrytaKogenel;
(* Množství el. energie dodané do distribuční sítě *)
EnergieSitNakup = NIntegrate[Funkceel[den], {den, ZapnutiDny, 365}] * 24;
(* Množství el. energie nutné nakoupit z distribuční sítě *)

Print[Style["Celková potřebná elektrická energie Pel = ", Bold, Red, 20,
"Helvetica"], Style[EnergiePotrebnael, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style[
"Celkový elektrický výkon dodaný mikrokogenerační jednotkou Pelkon = ",
Bold, Red, 20, "Helvetica"],
Style[EnergieKogenel, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style["Celkový elektrický výkon dodaný do sítě Pprodej = ", Bold, Red,
20, "Helvetica"], Style[EnergieSitProdej, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style["Celkový elektrický výkon odebraný ze sítě Pnakup = ", Bold,
Red, 20, "Helvetica"], Style[EnergieSitNakup, Bold, Red, 20, "Helvetica"],
Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]

```

**Celková potřebná elektrická energie Pel =
10718.5 kWh.**

**Celkový elektrický výkon dodaný
mikrokogenerační jednotkou Pelkon = 37440. kWh.**

**Celkový elektrický výkon dodaný do sítě Pprodej =
29521. kWh.**

**Celkový elektrický výkon odebraný ze sítě Pnakup =
2799.49 kWh.**

In[5506]=

```
(* Ekonomické zhodnocení *)

(* Společné hodnoty *)

InvesticeKogen = 670 000; (* Kč *)
(* Investice na pořízení a instalaci mikrokogenerační jednotky *)
InvesticeAku = 4 * 12 000; (* Kč *)
(* Investice na pořízení a instalaci akumulčních nádrží *)
InvesticeOstatni = 10 000; (* Kč *) (* Běžný materiál + rezerva *)
Udrzba = 2000; (* Kč/rok *) (* Finanční prostředky na údržbu zařízení *)
β = 0.35; (* Součinitel na přepočet
nákladů na palivo na výrobu el. energie dle *)
SpotrebaKogen = 24.1; (* kW *)
VyseZB3000 = 1.97 ;
(* Kč/kWh *) (* Výše zeleného bonusu pro 3000 provozních hodin za rok *)
VyseZB4400 = 1.505 ;
(* Kč/kWh *) (* Výše zeleného bonusu pro 4400 provozních hodin za rok *)
EskalaceCen = 0.02; (* Zvyšování cen o 2%/rok *)
Diskont = 0.04; (* Diskontní sazba 4% *)
```

In[5508]= (* 1.Varianta - Zapnutí mikrokogenerace na 3000 hodin → 125 dnů *)

```
If[0 < ZapnutiDny ≤ 125,
  InvesticeCelkem = InvesticeKogen + InvesticeOstatni;
  (* Není potřeba dokupovat další akumulční nádrže *)
  ZelenyBonus = EnergieKogenel * VyseZB3000 ; (* Kč/rok *)
  (* Celková suma zeleného bonusu pro 3000 provozních hodin za rok*)
  ,]
```

```
(* 2.Varianta - Zapnutí mikrokogenerace na 4400 hodin → 183 dnů *)
If[126 ≤ ZapnutiDny ≤ 183,
  InvesticeCelkem = InvesticeKogen + InvesticeAku + InvesticeOstatni;
  ZelenyBonus = EnergieKogenel * VyseZB4400 ; (* Kč/rok *)
  (* Celková suma zeleného bonusu pro 4400 provozních hodin za rok*)
  ,]
```

(* 3.Varianta - Zapnutí mikrokogenerace na 5760 hodin → 240 dnů *)

```
If[184 ≤ ZapnutiDny ≤ 365,
  InvesticeCelkem = InvesticeKogen + InvesticeAku + InvesticeOstatni;
  ZelenyBonus =  $\frac{\text{EnergieKogenel} * 183}{\text{ZapnutiDny}}$  * VyseZB4400 ; (* Kč/rok *)
  (* Celková suma zeleného bonusu - pouze za prvních 4400 hodin provozu *)
  ,]
```

(* Společná část pro všechny varianty *)

```
SpotrebaKotel = EnergieKotel *  $\frac{10}{9.2}$ ; (* kWh/rok *)
```

```
(* Výpočet příkonu paliva pro kotel účinnost 92% *)

Plyn = SpotrebaKotel + (SpotrebaKogen * ZapnutiDny * 24);
(* kWh/rok *) (* Celková spotřeba zemního plynu *)

(* Výpočet ceny spotřebovaného plynu -
vychází z ceníku Innogy Plyn-Standard pro rok 2017 *)
RocniOdberPlyn =  $\frac{\text{Plyn}}{10.55}$ ; (* m3/rok *)
DenniOdberPlyn =  $\frac{\text{RocniOdberPlyn}}{115}$ ;
CenazaKapacituPlyn =  $\frac{(148.05766 * \text{DenniOdberPlyn})}{12}$ ;
CelkovaCenaPlyn = (Plyn * 1.16850) + (12 * (181.5 + CenazaKapacituPlyn));
(* Výsledná celková cena za zemní plyn *)

OdpocetPlynEL =  $\beta * (\text{CelkovaCenaPlyn})$ ; (* Odpočitatelná část
nákladů na plyn odpovídající části na výrobu elektrické energie *)
VykupCEZ = 0.85; (* Kč/kWh *) (* Výkupní cena el. energie
dle ČEZ výkup el. energie z decentralizovaných zdrojů *)
ProdejEL = EnergieSitProdej * VykupCEZ; (* Kč *)
(* Celkový výnos z prodeje el. energie *)
EBT = ProdejEL + ZelenyBonus - OdpocetPlynEL - Udrzba;
(* Kč *) (* Hrubý příjem *)
If[EBT ≤ 0, Dan = 0, Dan = EBT * 0.15];
EAT = EBT - Dan; (* Kč *) (* Čistý příjem *)

UsporaDrevo = 45 * 1350;
(* Kč *) (* Úspora - ubyl náklad na nákup palivového dřeva *)

UsporaPlynuKotel =
 $\left( \text{EnergiePotrebnatep} * \frac{10}{9.2} * 1.16850 \right) + (12 * (181.5 + \text{CenazaKapacituPlyn}))$ ;
(* Kč *) (* Úspora - ubyl náklad na nákup plynu na vytápění *)

(* Výpočet ceny za vlastní spotřebu -
Elektrickou energii nebylo třeba nakoupit *)
SlozkaA = 12 * (145.2 + 5.93 + 72.6); (* Stálé platby *)
SlozkaB =  $\frac{\text{EnergiePokrytaKogenel}}{1000} * \frac{6}{11} * (1965.91 + 113.67 + 1828.31)$ ;
(* Vyúčtování Vysokého tarifu *)
SlozkaC =  $\frac{\text{EnergiePokrytaKogenel}}{1000} * \frac{5}{11} * (77.45 + 113.67 + 1082.95)$ ;
(* Vyúčtování Nízkého tarifu *)
SlozkaD = 12 * 21.79 * 25 * 3; (* Platba za el. energii z podporovaných zdrojů *)
UsporaEL = SlozkaA + SlozkaB + SlozkaC + SlozkaD;
(* Celková úspora elektrické energie *)
CF1 = UsporaDrevo + UsporaEL +
ProdejEL + ZelenyBonus - Udrzba - CelkovaCenaPlyn - Dan ;
(* Cash flow var.1 *)
CF2 = UsporaPlynuKotel + UsporaEL +
ProdejEL + ZelenyBonus - Udrzba - CelkovaCenaPlyn - Dan ;
```

```

(* Cash flow var.2 *)
DCF1[rok_] := 
$$\frac{CF1 * (1 + EskalaceCen)^{(rok-1)}}{(1 + Diskont)^{rok}};$$

(* Funkce na výpočet diskontovaného CF var.1 *)
DCF2[rok_] := 
$$\frac{CF2 * (1 + EskalaceCen)^{(rok-1)}}{(1 + Diskont)^{rok}};$$

(* Funkce na výpočet diskontovaného CF var.2 *)
DCF201 = Table[DCF1[i], {i, 1, 20}];
(* Vygenerování DCF na dobu života 20 let var.1 *)
DCF202 = Table[DCF2[i], {i, 1, 20}];
(* Vygenerování DCF na dobu života 20 let var.2 *)
NPV1[rok_] := -InvesticeCelkem + Total[Table[DCF1[i], {i, 1, rok}]];
(* Funkce na vygenerování NPV var.1 *)
NPV2[rok_] := -InvesticeCelkem + Total[Table[DCF2[i], {i, 1, rok}]];
(* Funkce na vygenerování NPV var.2 *)
GrafNPV1 = ListPlot[Table[NPV1[i], {i, 1, 20}],
  PlotLabel → "Čistá současná hodnota - NPV1",
  AxesLabel → {"t [let]", "NPV [Kč]"}, PlotStyle → {Thick, Red},
  GridLines → Automatic, PlotRange → All];
(* Graf jednotlivých NPV přes dobu života var.1 *)
GrafNPV2 = ListPlot[Table[NPV2[i], {i, 1, 20}],
  PlotLabel → "Čistá současná hodnota - NPV2",
  AxesLabel → {"t [let]", "NPV [Kč]"}, PlotStyle → {Thick, Blue},
  GridLines → Automatic, PlotRange → All];
(* Graf jednotlivých NPV přes dobu života var.2 *)
GrafNPV1
GrafNPV2
Print[Style["Hodnota NPV pro 20-ti leté zhodnocení 1. varianty NPV1 = ",
  Bold, Red, 20, "Helvetica"], Style[NPV1[20], Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style[" Kč.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
Print[Style["Hodnota NPV pro 20-ti leté zhodnocení 2. varianty NPV2 = ",
  Bold, Red, 20, "Helvetica"], Style[NPV2[20], Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style[" kWh.", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]

If[CF1 > 0,
  IRR1[rok_] := FindRoot[
    InvesticeCelkem == 
$$\sum_{i=1}^{rok} (CF1 * (1 + EskalaceCen)^{(rok-1)}) / (1 + irr1)^i, \{irr1, 10\}];
    Print[Style["Hodnota IRR pro 20-ti leté zhodnocení 1. varianty IRR1 = ",
      Bold, Red, 20, "Helvetica"], Style[IRR1[20], Bold, Red, 20, "Helvetica"],
      Style[".", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
  ,
]

If[CF2 > 0,$$

```

```

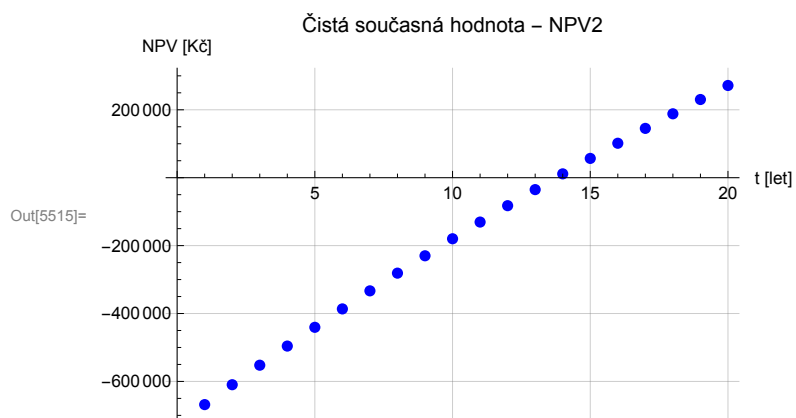
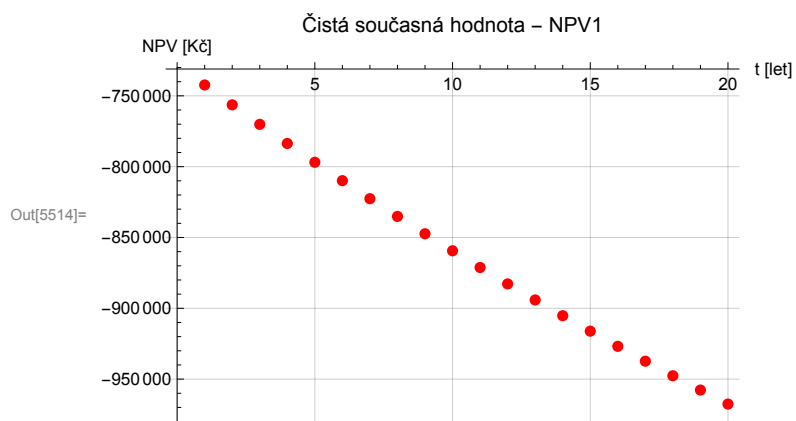
IRR2[rok_] := FindRoot[
  InvesticeCelkem ==  $\sum_{i=1}^{\text{rok}} (CF2 * (1 + \text{EskalaceCen})^{(\text{rok}-1)}) / (1 + \text{irr2})^i$ , {irr2, 10}];
Print[Style["Hodnota IRR pro 20-ti leté zhodnocení 2. varianty IRR2 = ", Bold,
  Red, 20, "Helvetica"], Style[IRR2[20][[1, 2]], Bold, Red, 20, "Helvetica"],
  Style["[-].", Bold, Red, 20, "Helvetica"]]
,]

(* Export průběhů *)
If[ZapnutiDny == 125,
  Export["PotrebaEl-125.png", BezObdelnikuel, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodanaEl-125.png",
    VydejObdelnikel[Rozmer1el, Rozmer2el], ImageResolution → 200];
  Export["PotrebaTepla-125.png", BezObdelniku, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodaneTeplo-125.png",
    VydejObdelnik[Rozmer1, Rozmer2], ImageResolution → 200];
  Export["NPV1-125.png", GrafNPV1, ImageResolution → 200];
  Export["NPV2-125.png", GrafNPV2, ImageResolution → 200];
,]

If[ZapnutiDny == 183,
  Export["PotrebaEl-183.png", BezObdelnikuel, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodanaEl-183.png",
    VydejObdelnikel[Rozmer1el, Rozmer2el], ImageResolution → 200];
  Export["PotrebaTepla-183.png", BezObdelniku, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodaneTeplo-183.png",
    VydejObdelnik[Rozmer1, Rozmer2], ImageResolution → 200];
  Export["NPV1-183.png", GrafNPV1, ImageResolution → 200];
  Export["NPV2-183.png", GrafNPV2, ImageResolution → 200];
,]

If[ZapnutiDny == 240,
  Export["PotrebaEl-240.png", BezObdelnikuel, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodanaEl-240.png",
    VydejObdelnikel[Rozmer1el, Rozmer2el], ImageResolution → 200];
  Export["PotrebaTepla-240.png", BezObdelniku, ImageResolution → 200];
  Export["KogenDodaneTeplo-240.png",
    VydejObdelnik[Rozmer1, Rozmer2], ImageResolution → 200];
  Export["NPV1-240.png", GrafNPV1, ImageResolution → 200];
  Export["NPV2-240.png", GrafNPV2, ImageResolution → 200];
,]

```



**Hodnota NPV pro 20-ti leté
zhodnocení 1. varianty NPV1 = -967 624. Kč.**

**Hodnota NPV pro 20-ti leté
zhodnocení 2. varianty NPV2 = 271 604. kWh.**

**Hodnota IRR pro 20-ti leté
zhodnocení 2. varianty IRR2 = 0.108454[-].**




In[5430]:=

CENÍK PLYN STANDARD V KATEGORII DOMÁCNOST A MALOODBĚRATEL

plyn Standard

pro zákazníky společností innogy Energie, s.r.o., jejichž plynové zařízení je připojeno k distribuční soustavě Pražská plynárenská Distribuce, a.s., v regionu Praha, platný od 1. 2. 2017

I. PRODEJNÍ CENY PLYNU KONEČNÝM ZÁKAZNÍKŮM (DOMÁCNOST/MALOODBĚRATEL)

Roční odběr v odběrném místě	ceny služby distribuční soustavy bez DPH ¹⁾			ceny za odebraný plyn a ostatní služby dodávky bez DPH		celkové konečné ceny bez DPH			celkové konečné ceny s DPH ²⁾		
	pevná cena za distribuovaný plyn	stálý měsíční plat za kapacitu	pevná roční cena za kapacitu	cena za odebraný plyn	stálý měsíční plat	součet cen za odebraný a distribuovaný plyn	součet stálých měsíčních plateb	součet cen za kapacitu	součet cen za odebraný a distribuovaný plyn	součet stálých měsíčních plateb	součet cen za kapacitu
kWh/rok	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/m ³	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/m ³	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/m ³
 vařím do 1 890	0,40204	63,57		1,15224	6,30	1,55428	69,87		1,88068	84,54	
 ohřívám vodu nad 1 890 do 7 560	0,23640	89,66		0,88703	24,70	1,12343	114,36		1,35935	138,38	
 topím nad 7 560 do 15 000	0,21070	105,85		0,85460	106,20	1,06530	212,05		1,28901	256,58	
nad 15 000 do 25 000	0,20043	118,68		0,85460	106,20	1,05503	224,88		1,27659	272,10	
nad 25 000 do 45 000	0,16139	200,02		0,85460	106,20	1,01599	306,22		1,22935	370,53	
nad 45 000 do 63 000	0,15243	233,63		0,85460	106,20	1,00703	339,83		1,21851	411,19	
topím nad 63 000 do 630 000 ³⁾	0,11422		122,36170	0,85148	150,00	0,96570	150,00	122,36170	1,16850	181,50	148,05766

¹⁾ Ceny služby distribuční soustavy jsou platné od 1. 1. 2017. Pevná cena za distribuovaný plyn (část ceny služby distribuční soustavy) obsahuje pevné ceny za činnosti operátora trhu ve výši 2,40 Kč/MWh (pevnou cenu za zúčtování ve výši 1,06 Kč/MWh a zvláštní poplatek na činnosti ERÚ podle § 17d zákona č. 458/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jehož sazbu stanovila vláda svým nařízením ve výši 1,34 Kč/MWh).

²⁾ Uvedené celkové konečné ceny s DPH jsou pouze orientační.

³⁾ Pro kategorii Domácnost je horní hranice tohoto pásma bez omezení. Měsíční platbu za kapacitní složku cen služeb distribuční soustavy v pásmu spotřeby nad 63 000 kWh je nutno vypočítat dle postupu uvedeného v části III.

Způsob výpočtu platby za kapacitní složku uvedený v tomto Ceníku vychází z platného Cenového rozhodnutí ERÚ ke dni publikace Ceníku.

Pro výpočet platby za kapacitní složku ceny se použije vždy aktuální způsob stanovený pro příslušné zúčtovací období v příslušném Cenovém rozhodnutí ERÚ.

– Ceny jsou uvedeny bez daně ze zemního plynu (ekologické daně).

– **Případně změny ceny služeb distribuční soustavy vyvolané změnami v ceníku distributora, resp. cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu, změny zvláštního poplatku dle §17 energetického zákona nebo změny týkající se daní vyvolané obecně závazným právním předpisem se nepovažují za změnu tohoto ceníku, resp. změnu/zvýšení/snížení ceny ve smyslu energetického zákona a platných Obchodních podmínek sdružených služeb dodávky plynu.**

– Uvedené termíny „vařím“, „ohřívám vodu“, „topím“ slouží pouze pro snadnější orientaci zákazníka a představují pouze převažující, ne však rozhodující, způsob užití plynu v daném pásmu spotřeby.

– Pro přiřazení jednotkových cen ve vyúčtování spotřeby plynu je rozhodující měrná spotřeba plynu v kWh/rok.

Tento Ceník nabývá účinnosti dnem 1. 2. 2017, ruší a nahrazuje předchozí Ceník ze dne 1. 5. 2016, a je platný a účinný pro zákazníky se smlouvami o sdružených službách dodávky plynu na dobu neurčitou (plyn Standard), pro zákazníky se smlouvami na dobu určitou v jejich dalším období trvání Smlouvy (pokud je tak stanoveno ve smluvním ujednání) a pro zákazníky, u nichž bezprostředně před účinností změny dodavatele ve prospěch innogy (bez ohledu na jimi sjednaný produkt) probíhal odběr po dobu kratší než 10 pracovních dnů bez přiřazení smluvního subjektu zúčtování.

Zemním plynem se rozumí zemní plyn naftový uvedený pod kódem nomenklatury 2711 21. Ostatními službami dodávky se rozumí dodání plynu a zajištění služeb obchodu, případně též zajištění přepravy plynu a strukturování dodávky (zajištění pokrytí sezónního charakteru dodávek dle potřeb zákazníka). Odběrná místa zákazníků jsou zařazována do jednotlivých pásem spotřeby podle přepočtené roční spotřeby („PRS“) vypočtené ze spotřeby naměřené v posledním odečtovém období. Je-li toto období kratší než 10 měsíců, použije se pro výpočet PRS součet spotřeb naměřených v posledních po sobě následujících odečtových obdobích, jejichž souhrnná délka činí min. 10 měsíců. Není-li možné takto spotřebu zjistit (např. nový zákazník), je odběrné místo zařazené do pásma spotřeby podle odběru sjednaného ve Smlouvě. Při změně ceny plynu nebo při změně spotřeby může Obchodník přiměřeně upravit výši záloh. V souvislosti se změnou ceny plynu nemusí být u zákazníků s fakturačním obdobím delším než 1 měsíc prováděn odečet plynoměrem. Účtované množství dodané energie v kWh se stanoví propočtem podle platné legislativy – součinem přepočteného objemu plynu vyjádřeného v m³ při vztažné teplotě 15° C, vztažném tlaku 101,325 kPa, relativní vlhkosti Φ = 0 a skutečně dosažené hodnoty spalného tepla v kWh/m³ (viz TPG 901 01).

II. PŘEPOČET OBJEMU SPOTŘEBOVANÉHO PLYNU

Pro provedení přepočtu objemu spotřebovaného plynu z m³ na kWh

se používá přibližný převod:

1 m³ ≈ 10,62 kWh

III. STANOVENÍ PLATBY ZA KAPACITNÍ SLOŽKU CEN SLUŽEB DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY

Pro odběrné místo s ročním odběrem nad 63 000 kWh

se měsíční platba za kapacitní složku ceny určí podle vzorce:

MP_{ps} = (C_{ps} x RK)/12,

kde: C_{ps} – je součet cen za kapacitu dle tabulky uvedené v části I.

RK – je denní přidělená pevná kapacita v daném odběrném místě v m³, určená podle vzorce: RK = RS/115,
kde: RS – je roční odběr v daném odběrném místě v m³.

IV. DAŇ ZE ZEMNÍHO PLYNU

Kategorie Domácnost – dle § 8 čl. LXXII zákona č. 261/2007 Sb., je zemní plyn pro tuto kategorii od daně osvobozen.

Kategorie Maloodběratel – informace o podmínkách zdaňování zemního plynu a o sazbách daně získáte na www.innogy.cz.

V. POSKYTNUTÁ SLEVA PRO TĚLESNĚ POSTIŽENÉ (držitelé průkazu ZTP/P)

Pro zákazníky kategorie Domácnost platí ceny zemního plynu příslušné pásmu jejich spotřeby s tím, že celková konečná cena za odebraný plyn s DPH se snižuje o 20 Kč/MWh (vč. DPH).

Bližší informace o možnosti získání slevy pro tělesně postižené Vám poskytneme zdarma na NONSTOP zákaznické lince 800 11 33 55.



innogy

www.innogy.cz

ceny produktů ČEZ Prodej včetně regulovaných cen za dopravu elektřiny | domácnosti | produkt COMFORT

účinné od 1. 1. 2017 | uváděny v Kč bez daně z elektřiny a DPH (v závorce orientační ceny s DPH)

PRODUKTY ROKU 2017		REGULOVANÉ PLATBY ZA DOPRAVU ELEKTŘINY														SILOVÁ ELEKTŘINA							
		DISTRIBUCE														OSTATNÍ SLUŽBY			OBCHOD				
		měsíční plat za rezervovaný příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem														cena za 1 MWh		systémové služby Kč/MWh	OZE Kč/A/měsíc	OTE Kč/OM/měsíc	pevná cena za měsíc	VT	NT
odpovídající distribuční sazba		do 3×10 A do 1×25 A včetně	nad 3×10 A do 3×16 A včetně	nad 3×16 A do 3×20 A včetně	nad 3×20 A do 3×25 A včetně	nad 3×25 A do 3×32 A včetně	nad 3×32 A do 3×40 A včetně	nad 3×40 A do 3×50 A včetně	nad 3×50 A do 3×63 A včetně	nad 3×63 A do 3×80 A včetně	nad 3×80 A do 3×100 A včetně	nad 3×100 A do 3×125 A včetně	nad 3×125 A do 3×160 A včetně	nad 3×160 A do 3×250 A včetně	VT	NT	17						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ID Standard	D01d	8,00 (9,68)	12,00 (14,52)	16,00 (19,36)	20,00 (24,20)	25,00 (30,25)	31,00 (37,51)	39,00 (47,19)	49,00 (59,29)	-	-	-	-	0,78 (0,94)	0,26 (0,31)	2 082,83 (2 520,24)	0,00	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 213,00 (1 467,73)	-
	D02d	35,00 (42,35)	56,00 (67,76)	70,00 (84,70)	88,00 (106,48)	112,00 (135,52)	140,00 (169,40)	176,00 (212,96)	221,00 (267,41)	-	-	-	-	3,51 (4,25)	1,17 (1,42)	1 557,91 (1 885,07)	0,00	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 511,00 (1 828,31)	895,00 (1 082,95)
ID Akumulace 8	D25d	48,00 (58,08)	77,00 (93,17)	96,00 (116,16)	120,00 (145,20)	154,00 (186,34)	192,00 (232,32)	240,00 (290,40)	302,00 (365,42)	-	-	-	-	4,80 (5,81)	1,60 (1,94)	1 624,71 (1 965,91)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 511,00 (1 828,31)	895,00 (1 082,95)
	D26d	80,00 (96,80)	128,00 (154,88)	160,00 (193,60)	200,00 (242,00)	255,00 (308,55)	319,00 (385,99)	399,00 (482,79)	503,00 (608,63)	-	-	-	-	7,98 (9,66)	2,66 (3,22)	596,28 (721,50)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 511,00 (1 828,31)	895,00 (1 082,95)
ID Elektromobilita	D27d	48,00 (58,08)	77,00 (93,17)	96,00 (116,16)	120,00 (145,20)	154,00 (186,34)	192,00 (232,32)	240,00 (290,40)	302,00 (365,42)	-	-	-	-	4,80 (5,81)	1,60 (1,94)	1 624,71 (1 965,91)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 511,00 (1 828,31)	895,00 (1 082,95)
ID Akumulace 16	D35d	106,00 (128,26)	169,00 (204,49)	211,00 (255,31)	264,00 (319,44)	338,00 (408,98)	422,00 (510,62)	528,00 (638,88)	665,00 (804,65)	-	-	-	-	10,56 (12,78)	3,52 (4,26)	254,84 (308,36)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 618,00 (1 957,78)	1 141,00 (1 380,61)
ID Přímotop	D45d	124,00 (150,04)	199,00 (240,79)	248,00 (300,08)	311,00 (376,31)	397,00 (480,37)	497,00 (601,37)	621,00 (751,41)	782,00 (946,22)	-	-	-	-	12,42 (15,03)	4,14 (5,01)	254,84 (308,36)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 448,00 (1 752,08)	1 261,00 (1 525,81)
ID Tepelné čerpadlo	D56d	124,00 (150,04)	199,00 (240,79)	248,00 (300,08)	311,00 (376,31)	397,00 (480,37)	497,00 (601,37)	621,00 (751,41)	782,00 (946,22)	-	-	-	-	12,42 (15,03)	4,14 (5,01)	254,84 (308,36)	64,01 (77,45)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 313,00 (1 588,73)	1 263,00 (1 528,23)
ID Elektrické topení	D57d	104,00 (125,84)	167,00 (202,07)	208,00 (251,68)	260,00 (314,60)	333,00 (402,93)	428,00 (517,88)	543,00 (660,33)	683,00 (831,43)	856,00 (1 039,28)	1 073,00 (1 299,19)	1 343,00 (1 628,19)	1 693,00 (2 051,19)	2 173,00 (2 647,19)	2 783,00 (3 379,19)	3 533,00 (4 283,19)	4 423,00 (5 347,19)	5 463,00 (6 597,19)	6 663,00 (8 017,19)	8 023,00 (9 687,19)	9 563,00 (11 487,19)	11 283,00 (13 687,19)	13 183,00 (15 887,19)
ID Víkend	D61d	11,00 (13,31)	18,00 (21,78)	23,00 (27,83)	29,00 (35,09)	36,00 (43,56)	46,00 (55,66)	57,00 (68,97)	72,00 (87,12)	-	-	-	-	1,14 (1,38)	0,38 (0,46)	2 815,51 (3 406,77)	134,91 (163,24)	93,94 (113,67)	18,01 (21,79)	4,90 (5,93)	60,00 (72,60)	1 341,00 (1 622,61)	1 111,00 (1 344,31)

poznámky a vysvětlivky

podmínkou pro výběr produktu je přiznaná odpovídající distribuční sazba | produkt silové elektřiny je možno změnit 1× za 12 měsíců | podmínky pro přiznání distribučních sazeb jsou zveřejněny na www.cez.cz | VT = vysoký tarif | NT = nízký tarif | MWh = megawatthodina (1 MWh = 1 000 kWh) | OM = odběrné místo | A = rezervovaný příkon v ampérech | ceny s DPH jsou orientační | sazba DPH je 21 % (aktuální dle platných právních předpisů, její výše se v souladu s těmito předpisy může měnit)

* Na základě cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2016 ze dne 25. 11. 2016 zaniká distribuční sazba D56d. Odběrným místům, využívajícím tuto sazbu, bude k 1. 1. 2017 provozovatelem distribuční sítě automaticky přiznána distribuční sazba D56d.

produkty

- COMFORT** | osvědčený standard
Produkt Comfort s pevnou roční cenou elektřiny je standardem naší nabídky. Jako výchozí jí mají nastavenou všichni zákazníci ČEZ Prodej, pokud si nezvolí jinou.
- eTARIF** | moderní komunikace
Oproti Comfortu ušetříte 50 Kč měsíčně (600 Kč za rok) bez DPH za každé odběrné místo (OM). Podmínkou sjezdání je aktivace vybraných služeb.
- ČEZ GARANT PLUS** | jistota ceny
Oproti ostatním produktům je zde garance nezvýšení ceny po dobu 24 měsíců, cena může jen klesat v závislosti na snížení cen silové elektřiny naší standardní produkty COMFORT.

postup při výpočtu celkové roční platby za elektřinu

- a = stálé platby = 12 × (sloupec 1 až 14 + sloupec 19 + sloupec 20)
- b = platba za elektřinu VT = roční spotřeba MWh v VT × (sloupec 15 + 17 + 21)
- c = platba za elektřinu NT = roční spotřeba MWh v NT × (sloupec 16 + 17 + 22)

ČEZ nabízí i plyn a garantuje výhodnější ceny po celou dobu trvání smlouvy

Stejně jako u elektřiny, tak i u plynu si můžete vybrat hned z několika produktů podle toho, která bude nejlépe vyhovovat vašim potřebám a samozřejmě se kterou nejlépe ušetříte. Nezatříte zbytečně čas při řešení veškerých požadavků, protože budete mít elektřinu i plyn od jednoho dodavatele. Skupina ČEZ je největší energetická společnost ve střední a jihovýchodní Evropě, proto máte jistotu stabilních dodávek.

Přejít k nám nemůže být jednodušší

ČEZ Prodej připravil pro zákazníky z řad domácností nabídku produktů platnou od 1. 1. 2017. Stačí zavolat na Zákaznickou linku 371 100 100, navštívit kterékoliv kontaktní místo Skupiny ČEZ nebo otevřít stránku www.cez.cz/plyn, kde získáte veškeré informace a také si můžete sami snadno spočítat, kolik změnou dodavatele ušetříte. Veškeré administrativní úkony spojené se změnou dodavatele za vás ochotně vyřídí naši zaměstnanci. Právě za náš přístup k zákazníkům jsme získali ocenění za nejlepší zákaznický servis v Evropě.

d = platba za elektřinu z podporovaných zdrojů = 12 × sloupec 18 × hlavní jistič × počet fází = maximální platba za podporu výkupu elektřiny je dána velikostí odběru elektřiny násobeného cenou 495 Kč/MWh bez DPH
Roční platba celkem = a + b + c + d