



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## **Využití kogenerace pro veřejný bazén**

### **Use of cogeneration for public pool**

#### **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

**Bc. Robin DAVID**

---

**Praha 2015**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: David Robin

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

Název tématu: Využití kogenerace pro veřejný bazén

Pokyny pro vypracování:

- popis současného stavu
- legislativa spojená s provozem a připojením jednotky do sítě
- výkupní cena elektrické energie
- návrh variant zásobování teplem a elektřinou pomocí kogenerace
- výpočet ekonomické efektivity pro výběr optimální varianty

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc. – ČVUT FEL – K 13116

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



V Praze dne 8.11.2013

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a veškeré podklady a zdroje jsou uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu zákona §60 Zákona č.121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 5. 1. 2015

.....

Podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval celé mé rodině za podporu během celé doby studia. Dále bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Miroslavu Vítkoví, CSc. za odborné vedení při zpracování diplomové práce.

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá využitím kogenerace pro veřejný bazén. V první části této práce jsou shrnuty poznatky o kombinované výrobě elektřiny a tepla, se zaměřením na mikrokogeneraci s ekonomicko-technického pohledu. Je zde uvedena legislativa týkající se připojení a provozu kogenerační jednotky.

V druhé praktické části diplomové práce je provedena analýza spotřeby energií na plaveckém bazénu Mělník. Výsledkem je návrh několika vhodných variant pro zásobování bazénu energií z kogenerace. Závěrem je ekonomické zhodnocení navržených variant a shrnutí výsledků pro správné rozhodnutí investora.

**Klíčová slova:** kogenerace, ekonomické hodnocení, legislativa pro KVET

## Abstract

This thesis look into the use of cogeneration for public pool. In the first part of this thesis are summarized the findings of a combined heat and power with a focus on micro-cogeneration of economics and technical perspective. There are introducing legislation relating to the connection and working of cogeneration unit.

In the second part is an analysis of energy consumption on the swimming pool Melnik. The result is a proposal of more appropriate options for energy supply pool from cogeneration. The finally is the economic evaluation of the proposed options and summary of results for the right decision of investor.

**Klíčová slova:** cogeneration, economic evaluation, legislation for CHP



## Obsah

1	ÚVOD .....	3
	TEORETICKÁ ČÁST .....	4
2	Kogenerační technologie .....	4
2.1	Kogenerace obecně .....	4
2.2	Transformace energie obsažená v palivu .....	6
2.3	Technické parametry .....	8
2.3.1	Elektrický a tepelný výkon .....	8
2.3.2	Elektrická a tepelná práce .....	9
2.3.3	Modul teplárenské výroby .....	10
2.3.4	Účinnost zařízení .....	11
2.3.5	Pojmy času a využití zařízení .....	12
2.4	Rozdělení kogeneračních technologií .....	14
2.4.1	Jednotky s přímou přeměnou energie – Palivové články .....	15
2.4.2	Jednotky s nepřímou přeměnou energie .....	16
2.5	Řídicí systém kogeneračních jednotek .....	24
3	Hodnocení efektivity investice – ekonomické ukazatele .....	27
3.1	Statické metody .....	28
3.1.1	Průměrný roční výnos .....	28
3.1.2	Průměrná doba návratnosti .....	28
3.1.3	Průměrná procentuální výnosnost .....	29
3.1.4	Doba návratnosti .....	29
3.2	Dynamické metody .....	30
3.2.1	Čistá současná hodnota .....	30
3.2.2	Vnitřní výnosové procento .....	31
3.2.3	Index ziskovosti .....	31
3.3	Oceňování kapitálových aktiv – Model CAPM .....	32
3.4	Diskontní sazba – Náklady na investovaný kapitál .....	32
3.5	Klasifikace nákladů a výnosů .....	33
3.6	Odpisy .....	34
4	Legislativa spojená s provozem a připojením kogenerační jednotky .....	35
4.1	Stavební povolení .....	35
4.2	Autorizace k výstavbě výroby elektřiny .....	36
4.3	Licence pro výrobu elektrické a tepelné energie .....	37
4.4	Připojení výroby k distribuční soustavě .....	38
4.5	Kolaudace .....	38
4.6	Osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET .....	39
4.7	Registrace u operátora trhu s elektřinou .....	39
4.8	Smlouva na výkup silové elektřiny .....	39
4.9	Výkaznictví a kontrola .....	39
5	Výkupní cena a podpora výroby elektrické energie z KVET .....	41
5.1	Podpora výroby KVET .....	41
5.2	Výkupní cena elektrické energie .....	43
	PRAKTICKÁ ČÁST .....	45
6	Současný stav spotřeby energií na KPB Mělník .....	45
6.1	Spotřeba elektrické energie .....	46

6.2	Spotřeba tepla .....	47
6.3	Zhodnocení spotřeby energie .....	48
6.4	Denní diagram spotřeby .....	49
6.5	Typový diagram spotřeby .....	51
6.6	Předpokládaná spotřeba elektrické energie v budoucnu .....	52
7	Návrh variant zásobování teplem a elektřinou pomocí kogenerace .....	55
7.1	Zadání požadavků .....	56
7.2	Výběr optimální KJ splňující požadavky .....	57
7.3	Uvažované varianty .....	59
8	Výpočet ekonomické efektivity a výběr optimální varianty .....	64
8.1	Základní vstupní údaje .....	64
8.2	Investiční náklady .....	66
8.3	Roční provozní náklady .....	66
8.4	Financování a průběh splácení .....	67
8.5	Odpisy .....	68
8.6	Roční provozní výnosy .....	69
8.7	Vyhodnocení variant .....	70
8.8	Citlivostní analýza .....	71
8.9	Výběr optimální varianty .....	75
9	Závěr .....	76
10	Zdroje .....	77
	Přílohy .....	81
	Příloha A .....	81



# 1 ÚVOD

Navzdory vývoji stále úspornějších spotřebičů a nových technologií snižující spotřebu elektrické energie ve většině zemí, spotřeba elektrické energie z dlouhodobějšího hlediska neklesá. Svůj podíl má na tom stále se zvětšující počet lidí na planetě a stoupající životní úroveň. Téměř ve všech průmyslových odvětvích je nahrazována lidská práce automatizovanými procesy pomocí strojů, které spotřebovávají elektrickou energii.

V získávání energie hledá lidstvo stále nové možnosti. V posledních letech se, na základě směrnic z Evropské unie, investovali velké finanční prostředky do výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Postupem času je velmi diskutováno, jestli tyto finanční prostředky byly vynaloženy efektivně a zda přinesou zamýšlený ekologický přínos. Obnovitelné zdroje využívající energii slunečního záření a větru se stále rozvíjejí, ale zatím vytvářejí mnoho problémů v přenosových soustavách a dají se velice špatně regulovat.

Nadále jsme nuceni spalovat fosilní paliva v uhelných nebo plynových elektrárnách s velmi malou účinností pouhých 35 – 45%. I přesto, že už si několik desítek let uvědomujeme, že tyto zásoby fosilních paliv jsou omezené a je s nimi potřeba šetřit. Jako řešení se nabízí „Kogenerace“, kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Touto společnou výrobou jsme schopni využít energii uloženou v palivu až s 95% účinností.

V této práci se zaměřuji na malé kogenerační jednotky označované jako mikrokogenerace, problematiku s nimi spojenou a ekonomický přínos v provozu veřejného krytého plaveckého bazénu v Mělníku.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 Kogenerační technologie

### 2.1 Kogenerace obecně

Pokud se v energetickém odvětví vysloví pojem kogenerace, je myšlen proces, kombinované výroby elektřiny a tepla za použití jednoho paliva, označována také zkratkou KVET. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla probíhá nejčastěji pomocí zařízení, které je primárně konstruováno tak, aby co největší podíl energie, obsažený v palivu, byl přetransformován na elektrickou energii a zároveň umožnilo využít tepelnou energii, která při výrobě vzniká. Tyto zařízení se vyznačují velkou celkovou účinností 90 až 95%. Díky velké účinnosti dochází k efektivnímu využití paliva a minimalizace ztrát. Zařízení mohou být různého rozsahu, od zařízení zásobující elektrickou a tepelnou energii celé aglomerace, po malé jednotky umístěné ve sklepě rodinného domu. Zpravidla se tato technická zařízení umísťují blíže ke konečným spotřebitelům a tím se eliminují ztráty způsobené přenosem energií, což je obecná výhoda decentralizované výroby. Je možné efektivně využít i tepelnou energii, která je zdroj s malou hustotou energie a přenos na větší vzdálenosti je technicky i ekonomicky náročnější. Jako nositel této energie je nejčastěji využívána voda nebo pára.

Tepelná energie se nejčastěji v klasických kondenzačních elektrárnách bez využití vyzáří do prostoru v chladicích zařízeních. Pokud je ekonomicky rentabilní a technicky možné využít tepelnou energii z klasických elektráren, je přínosné vybudovat síť pro zásobování teplem. Tyto sítě jsou nejčastěji teplovody, horkovody nebo parovody. Vybudování těchto teplovodních sítí je velice náročné z hlediska několika aspektů. Jednak k vybudování těchto sítí je nutné zajistit značné finanční prostředky, jejichž doba návratnosti je v desítkách let. Projektovaná síť zpravidla bude zasahovat do pozemků velkého množství vlastníků, na nichž je třeba zajistit výkup pozemku nebo zřízení věcného břemene. Tyto projekty se mohou vyplatit v místech, kde je v okolí klasické elektrárny husté osídlení nebo průmyslová výroba s velkou spotřebou tepelné energie. Pokud se bude budovat síť zásobování teplem pro průmyslové podniky, je výhodou, že do jednání vstupuje daleko méně potenciálních spotřebitelů oproti síti vedoucí do

města, kde je nutné jednat s velkým množstvím potenciálních spotřebitelů, nejčastěji domácností. V mnoha případech se stává, že domácnosti jsou konzervativní a nechtějí přistoupit na nový zdroj vytápění i za výhodných podmínek na připojení k síti centrálního zásobování teplem (CZT), zůstávají u konvenčních zdrojů tepla, jako je topení uhlím nebo dřevem. Dokonce se paradoxně stává, že celé bytové celky se odpojují od CZT a zřizují si vlastní kotelnu. Je to způsobeno tím, že na mnoha místech České republiky cena energie z CZT vystoupala natolik, že je srovnatelná s jinými zdroji energie, které mají obdobnou jednoduchost vytápění. A mnoho bytových jednotek nebo celků přechází na vytápění zemním plynem a přestávají být závislími na centrálním dodavateli.

V podmínkách České republiky už není mnoho prostoru pro budování nových sítí CZT u klasických elektráren, vzhledem k tomu, že nejvíce těchto elektráren je situováno v blízkosti uhelných zdrojů v místech, kde není husté osídlení. Potenciál efektivnější výroby energie vidím v decentralizované výrobě za použití kogeneračních zařízení. Obecně se dá říci, že nejlépe aplikovatelná kogenerační technologie je v místech, kde k vytápění dochází pomocí spalování zemního plynu a lze vyměnit stávající kotel spalující plyn za kogenerační zařízení, které bude objekt zásobovat nejen tepelnou energií, ale i elektrickou energií. Při rekonstrukci nebo stavbě výroben tepelné energie většího rozsahu je nutné postupovat podle zákona č. 359/2003 Sb., o hospodaření s energií a instalovat kogenerační jednotku (KJ), která vedle zásobování teplem i vyrábí elektrickou energii. KJ jsou vyráběny v mnoho technických variantách s širokou škálou výkonů. Jejich souhrnu je dále věnována další kapitola.

Tepelná energie se z KJ vyrábí pro různé účely. Nejednodušší způsob využití je k vytápění budov, ale dá se využít k výrobě páry potřebné v průmyslových aplikacích, k sušení, ale dokonce i k výrobě chladu. Pokud je kogenerační jednotka použita i k výrobě chladu označuje se jako trigenerace, společná výroba elektrické energie, tepla a chladu. K tomuto účelu je jednotka vybavena speciálním výparníkem.

V této práci se zabývám malými kogeneračními jednotkami do několika stovek kilowatt (KW). Takové jednotky se provozují jako decentralizované zdroje a provozují se v místě spotřeby tepelné energie. Nejčastěji jsou projektovány podle potřeby tepla pro daný objekt a přebytky elektrické energie jsou dodávány do sítě. Na vyrobenou

elektrickou energii v kogeneračních jednotkách je poskytována dotace formou „Zelených bonusů“.

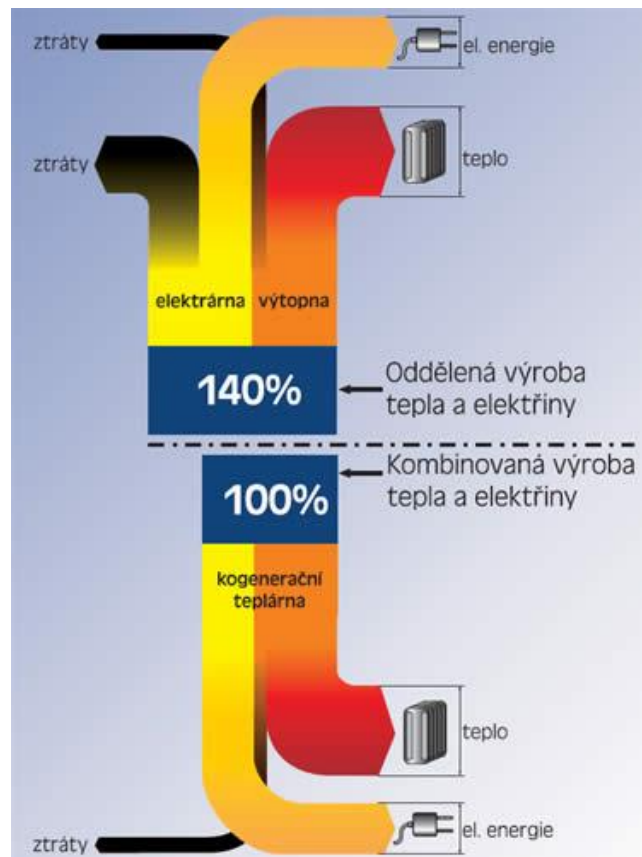
## 2.2 Transformace energie obsažená v palivu

Nejčastěji využívané konečné formy energie, které odebírají koneční spotřebitelé, jsou elektrická a tepelná energie. Elektrická energie patří mezi jednu z nejvíce ušlechtilých forem energie, lze ji velice snadno transformovat a přenos je oproti jiným formám energie jednodušší s nižšími marginálními náklady. Česká elektroenergetická přenosová soustava je propojená se zahraničními soustavami a elektrickou energii vyrobenou na území české republiky je možné přenést a prodat nejen na území okolních států. Oproti tomu tepelnou energii, která vzniká při výrobě elektrické energie, není možné s velkou účinností přenášet na větší vzdálenosti. Většina teplovodních sítí je, až na drobné výjimky, závislá na centrálním dodavateli.

V současné době se v české republice převážná většina elektrické energie vyrábí v tepelných elektrárnách, nejčastěji spalujících uhlí, bez využití tepelné energie s celkovou účinností pouhých 30-45%. Jako reakce na ratifikaci Kjótského protokolu, kterým se Česká republika zavázala snížit emise skleníkových plynů o 8%, vznikl mezinárodní trh s emisními povolenkami. Na základě tohoto tržního mechanismu, jak snižovat produkci emisí převážně CO<sub>2</sub>, začali vznikat nové projekty na výstavbu paroplynových elektráren. Tyto elektrárny, které nejčastěji spalují zemní plyn, jsou schopné dosahovat elektrické účinnosti přes 60%. Mezi jeden z velkých projektů patří realizovaný blok paroplynové elektrárny, umístěné v areálu stávající elektrárny Počerady, o instalovaném výkonu 840MW<sub>e</sub>. Tato elektrárna byla dokončena v roce 2013. Bohužel díky několika aspektům, způsobených převážně ekonomickou krizí započaté v roce 2007, jako je aktuální nízká cena výkupu elektrické energie, kolapsu trhu s emisními povolenkami a rapidnímu zvýšení ceny zemního plynu je její provoz ekonomicky ztrátový a dochází k zakonzervování tohoto bloku.

Jako jednu z nejlepších možností, jak lze v našich podmínkách dosáhnout efektivní transformace primárního zdroje na ušlechtilejší formu energie, je právě pomocí kogenerace, která dosahuje celkové účinnosti přes 90%. Její výhoda

spočívá v instalaci na místech, kde je možné využít jak elektrickou energii, tak hlavně tepelnou, aby došlo k žádanému využití primárního zdroje. Nejčastější využití tepelné energie je na vytápění, ohřev teplé užitkové vody a dokonce i k chlazení pomocí absorpčního výměníku. Porovnání množství spotřebované energie u oddělené a kombinované výroby elektřiny a tepla je uvedeno na obrázku.



Obr. 2.1 Sankeyov diagram přínosu KVET [14]

## 2.3 Technické parametry

Návrh energetických zařízení je nemyslitelný bez vymezení základních pojmů používaných v tomto oboru. Zde uvedu pouze pojmy, které souvisí s problematikou popisovanou v této práci. Pro určení možností transformačního řetězce kogenerační jednotky je potřeba definovat základní energetické parametry, které jsou:

- Elektrický a tepelný výkon
- Elektrická a tepelná práce
- Modul teploty výroby
- Účinnost zařízení
- Kvalita energie
- Pojmy času a využití zařízení

### 2.3.1 Elektrický a tepelný výkon

Pro vyjádření výkonu se v energetice nejčastěji používají jednotky [MW] a jejich desítkové ekvivalenty.

Jmenovitý výkon  $P_n$  je asi první parametr, kterého si všimneme, pokud budeme studovat katalogový list nebo štítek zařízení. Někdy může být uváděn také jako nominální nebo štítkový. Jedná se o největší výkon, při kterém se zařízení může trvale provozovat a na který je konstruováno. Při předepsaných provozních podmínkách (například předepsaná kvalita paliva, teplota okolí, sání vzduchu atd.) Výrobce je zároveň deklaroval, že zařízení bude dosahovat tohoto výkonu. U kogeneračních zařízení budou vždy uvedeny ukazatele výkonu pro oba druhy energie, pro jejichž výrobu je zařízení využíváno. Například jmenovitý výkon pro elektrickou a tepelnou energii  $P_{nE}$  a  $P_{nT}$ . Některá zařízení mohou umožňovat krátkodobé přetížení zařízení po určitý čas. Například pokud je potřeba dodat zvýšený výkon pro rozběh stroje, které napájí nebo pohání. Pak je v parametrech zařízení uveden maximální přechodový výkon  $P_{př}$ . [6]

Optimální výkon  $P_{ek}$  nebo optimální zatížení, označovaný také jako ekonomický nebo hospodárný, je zajímavý hlavně z ekonomického hlediska. Je to výkon, při kterém je nejlepší poměr mezi vyrobenou energií a spotřebou paliva. Z toho vyplývá, že je to

výkon, při kterém zařízení dosahuje nejlepší účinnosti, a tedy nejmenších poměrných ztrát. Ztráty elektrárenského zařízení je možné rozdělit na dvě složky. Jednak ztráty stálé, které jsou nezávislé na zatížení a ztráty proměnné, které jsou zpravidla nelineární funkcí zatížení. Tyto zařízení se nejčastěji navrhují tak, že jejich optimální výkon je přibližně okolo 85% jejich jmenovitého výkonu.[6]

Minimální výkon zařízení  $P_{min}$  je výkon při kterém je možné zařízení ještě udržet v normálním provozu. Klesne-li výkon zařízení pod tuto hranici, provoz zařízení začne být nestabilní a je nutné ho odstavit. Rozdíl mezi jmenovitým a minimálním výkonem je regulační rozsah výkonu, v kterém je zařízení možné provozovat. Čím je rozsah výkonů větší, tím lépe je možné reagovat na měnící se požadavek na dodávku. Je možné uspokojit požadavky na dodávku tepelné energie, jak v zimních měsících, kde je spotřeba tepelné energie větší, tak i v létě.[6]

Pokud bude v daném objektu instalováno více elektrárenských zařízení, jejich součet jmenovitých výkonů bude tvořit instalovaný výkon  $P_i$ .

### 2.3.2 Elektrická a tepelná práce

Jednotky používané v energetice jsou nejčastěji [MWh] pro elektrickou práci a [GJ] pro vyjádření dodávky tepelné energie. Mezi jednotkami platí přepočítání  $1[\text{MWh}]=3,6[\text{GJ}]$ .

Celková výroba elektrické energie  $E_{vyr}$  za určité období je celkové množství vyrobené elektrické energie včetně vlastní spotřeby. Tato práce zahrnuje i množství vlastní spotřeby elektrické energie potřebné pro provoz zařízení. Někdy se užívá též názvu brutto, hrubá nebo svorková výroba elektřiny.

Vlastní spotřeba elektrické energie  $E_{vls}$  je celkové množství elektrické energie, spotřebované elektrárnou za dané období, v technologickém procesu na výrobu elektrické energie. Například na chlazení zařízení, úpravu paliva a vzduchu.

Dodávka elektrické energie do sítě  $E_{dod}$ , je celková výroba elektrické energie, zmenšená o vlastní spotřebu elektrické energie.[6]

### 2.3.3 Modul teplárenské výroby

V teplárenství je poměr mezi požadovanou výrobou elektrické práce a tepelné energie nazýván jako teplárenský modul. Je důležitý pro správnou volbu velikosti instalovaného elektrického a tepelného výkonu. Vzhledem k tomu, že elektrická energie, je oproti tepelné energii ušlechtilější forma energie, je snaha o co největší hodnotu teplárenského modulu. Je charakterizován rovnicí: (2.1)

$$\sigma = \frac{E}{Q_{uv}} = \frac{P_E}{P_T} [-]$$

$E$  Vyrobena elektrická energie [MWh]

$Q_{uv}$  využitá tepelná energie [MWh]

$P_E$  okamžitý elektrický výkon [MW]

$P_T$  okamžitý tepelný výkon [MW]

Pokud v energetickém zařízení dochází pouze k výrobě tepla, výroba je označována jako výtopena. Teplárenský modul výtopeny je nulový ( $\sigma=0$ ). Účinnost transformačního řetězce středně velké výtopeny je přibližně 90%, při samostatné výrobě elektrické energie je dosahováno účinnosti přibližně 40%. Výrobnu, v které dochází k transformaci energie v palivu, na tepelnou i elektrickou energii nazýváme teplárnu. Při kombinované výrobě tepla by vždy mělo dojít k úspoře paliva oproti oddělené výrobě při stejném množství vyrobené tepelné a elektrické energie.

Z definice teplárenského modulu je možné vyjádřit procentní elektrický nebo tepelný výkon na výrobě KJ.[7] (2.2), (2.3)

$$P_{E,\%} = \frac{\sigma}{1 + \sigma} [-]$$

$$P_{T,\%} = \frac{1}{\sigma + 1} [-]$$

$P_{E,\%}$  procentní zastoupení elektrického výkonu na celkovém výkonu KJ [%]

$P_{T,\%}$  procentní zastoupení tepelného výkonu na celkovém výkonu KJ [%]



### 2.3.4 Účinnost zařízení

Účinnost zařízení se určí na základě fyzikálního zákona o zachování energie. Tento zákon říká, že energii nelze vyrobit ani zničit, ale pouze transformovat na jiný druh energie. Celková účinnost je poměr mezi energií vstupující do energetického zařízení ve formě paliva a výstupní tepelnou a elektrickou energií, která je využita. V transformačním řetězci vždy dochází ke ztrátám. Tyto ztráty jsou u KJ z největší části ve formě tepla vyzářeného do okolí.

Celková účinnost zařízení se vypočte dle vztahu: (2.4)

$$\eta_C = \frac{E + Q_{uv}}{Q_{pal}} = \frac{E + Q_{uv}}{m_{pal} \cdot Q_i} = \frac{P_{E+P_T}}{M_{pal} \cdot Q_i} = \frac{MJ + MJ}{\frac{kg}{s} \cdot \frac{MJ}{kg}} [-]$$

$m_{pal}$  hmotnost paliva [kg]

$M_{pal}$  hmotnostní průtok paliva [kg/s]

$Q_i$  výhřevnost paliva na jednotku hmotnosti [MJ/kg]

Celkovou účinnost je možné rozložit na elektrickou a tepelnou účinnost.

(2.5)

$$\eta_C = \eta_E + \eta_T = \frac{P_E}{M_{pal} \cdot Q_i} + \frac{P_T}{M_{pal} \cdot Q_i} [-]$$

Průběh účinnosti kogenerační jednotky je závislý na výkonu jednotky a je dán spotřební charakteristikou zařízení. Spotřební charakteristika je obecně konvexní funkce, jejíž křivka leží nad tečnou sestavenou v jakémkoliv bodě grafu funkce. Maximální účinnost je v bodě, ve kterém tečna prochází počátkem souřadnicového systému. Spotřební charakteristiky lze velmi často lineárně aproximovat. Z provozního hlediska jsou nejvýhodnější charakteristiky, u kterých je směrnice co nejmenší. U KJ s takovým průběhem charakteristiky se elektrická účinnost moc nemění. Nižší účinnost při nižším zatížení je dáno principem regulace, kdy snižováním výkonu je většinou prováděno množstvím paliva a vstupní paliva a vstupní teplotou. [7]

Pomocí účinnosti je možné vyjádřit teplotní modul: (2.6)

$$\sigma = \frac{\eta_E}{\eta_T} = \frac{\eta_E}{\eta_C - \eta_E} [-]$$

### 2.3.5 Pojmy času a využití zařízení

Pojmy času jsou důležitým údajem pro naplánování výroby a ekonomické výpočty.

Doba chodu elektrárny  $T_{ch}$  je doba, po kterou je zařízení v daném období v provozu, počínaje v tom i chod naprázdno.

Doba prostoje  $T_{pr}$  je doba, po kterou je zařízení mimo provoz. Nejčastěji se jedná o plánované opravy, poruchy a sezónní odstávky.

Doba využití instalovaného výkonu  $T_{pi}$  je poměr celkové výroby elektrické energie zařízením za dané období, nejčastěji za jeden rok, vztažené k jejímu instalovanému výkonu.

(2.7)

$$T_{pi} = \frac{E_{vyr}}{P_i} [h]$$

$E_{vyr}$  je celková výroba elektrické energie za sledované období [MWh]

$P_i$  instalovaný výkon zařízení [MW]

Součinitel využití instalovaného výkonu elektrárny  $k_{pi}$  je poměr skutečné celkové výroby elektrické energie za dané období vztažený k ideální výrobě, při níž by byla elektrárna v provozu po celé dané období  $T_0$  při zatížení rovném jejímu instalovanému výkonu, čili:

(2.8)

$$k_{pi} = \frac{E_{vyr}}{P_i T_0} = \frac{T_{pi}}{T_0} [-]$$

V obou případech jde o stejný ukazatel, avšak s tím rozdílem, že v prvním případě je tento ukazatel vyjádřen v absolutní hodnotě, tj. hodinách využití instalovaného výkonu, kdežto v druhém případě jde o poměrný ukazatel, daný poměrem doby využití instalovaného výkonu  $T_{pi}$  k délce sledovaného období  $T_0$ . [7]

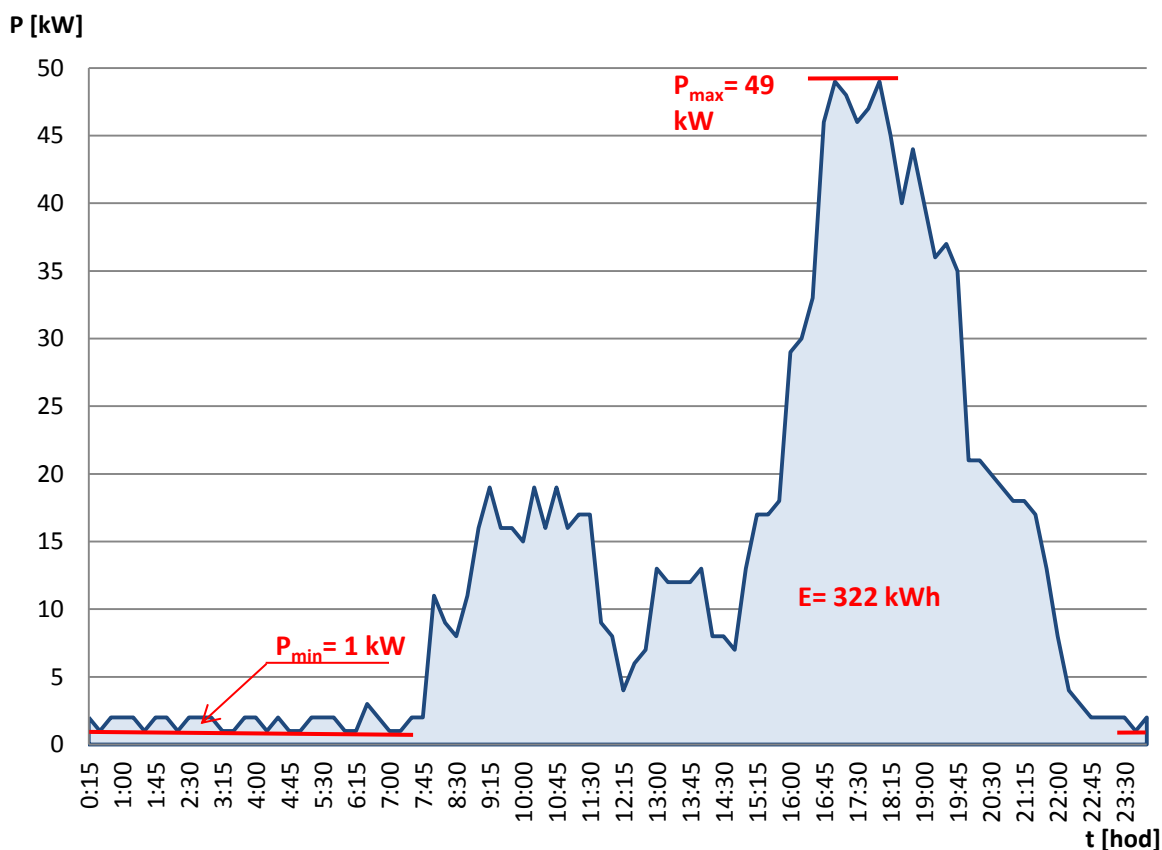
Přehledné grafické zobrazení průběhu zatížení  $P$  v závislosti na čase  $t$  za dané období znázorňuje diagram zatížení. Diagramy zatížení se nejčastěji konstruují jako roční, sezónní, týdenní nebo denní. Jedná se o graf, kde na svislé ose je zatížení  $P$  [MW], na vodorovné ose čas  $t$ . Je zde vyznačeno též maximální a minimální zatížení ( $P_{max}$ ,  $P_{min}$ ). Plocha pod křivkou zatížení udává celkovou denní výrobu elektrické energie, neboť platí:

(2.9)

$$E = \int_0^{T_d} P dt \text{ [MWh]}$$

Sestavování diagramů zatížení je principiálně shodné s diagramy spotřeby. Jde o přehlednou interpretaci dat, které poslouží k optimalizaci spotřeby elektrické energie a zajištění dostatečného příkonu pro odběrní místo. Díky tomu je možné si zajistit dodávku energie za výhodnějších podmínek. Diagramy se konstruují například pro celá odběrná místa, jednotlivé provozní celky a také pro konkrétní zařízení.

Na grafu (Graf 2.1) je uveden denní diagram spotřeby elektrické energie, zkonstruovaný pro provozní den 12.11.2014 na KPB.



Graf 2.1 Denní diagram spotřeby plaveckého bazénu Mělník dne 12.11.2014

## 2.4 Rozdělení kogeneračních technologií

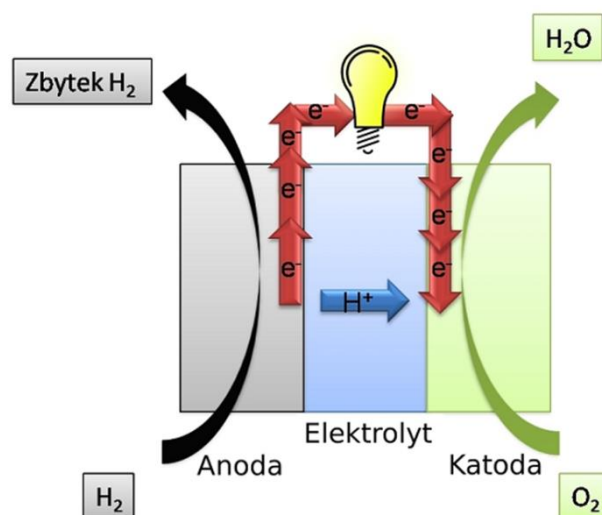
Kogenerační technologie lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Na jednotky s nepřímou přeměnou energie a na jednotky s přímou přeměnou energie.

První uvedená skupina funguje na principu několika energetických transformací. Pohonný agregát, který využívá chemickou energii obsaženou v palivu a převádí ji na mechanickou. Primární jednotka roztáčí nejčastěji třífázový generátor, který převádí mechanickou energii na elektrickou a vyrábí elektrický proud. Při provozu pohonné jednotky vzniká teplo, které je odváděno výfukem spalin a chladící vodou. Tímto teplem se pomocí soustavy výměníků ohřívá voda, která může být dále použita k vytápění nebo jiným technologickým účelům, jak bylo popsáno výše.

Oproti tomu jednotky s přímou přeměnou energie fungují tak, že palivo jdoucí do jednotky je přímo převáděno na elektrickou energii. Při této přeměně vzniká teplo, které je odváděno teplonosným médiem do místa spotřeby.

### 2.4.1 Jednotky s přímou přeměnou energie – Palivové články

Na přímé přeměně elektrické energie je založena technologie palivových článků, která našla uplatnění ve speciálních a pokusných aplikacích. Odvětví, ve kterém se palivové články uplatnily, a prokázaly velkou spolehlivost, je kosmický výzkum. Dále se zkouší jejich uplatnění ve zkušebních projektech automobilového průmyslu, stavebního průmyslu, v záložních zdrojích pro výpočetní techniku atd. Převážně se jedná o aplikace malého výkonu do jednotek kW, které jsou stále ve fázi vývoje, a zatím nedošlo k masivnímu uplatnění.



Obr. 2.2 Princip vodíkového palivového článku [13]

V palivovém článku probíhá elektrochemická reakce, založena na oxidačně redukčním principu, probíhající katalytickými reakcemi na elektrodách. Jedná se v podstatě o princip obrácené elektrolýzy vody, která je všeobecně známa. Palivový článek se skládá ze třech hlavních částí, které jsou elektrolyt, elektrody a vnější obvod přenášející elektrický proud. Elektrolyt je tvořen vodíkem a kyslíkem, případně uhlovodíkovým palivem a okysličovadlem. K elektrodám je přiváděn elektrolyt. Na záporné anodě oxiduje vodík. Na katodě probíhá redukce kyslíku. Mezi elektrodami dochází za přítomnosti katalyzátoru k chemickému slučování kyslíku a vodíku. Atomy elektrolytu se zbavují jednoho nebo několika elektronů z valenční sféry atomů a pohybují se vnějším elektrickým obvodem směrem ke katodě, vnějším obvodem protéká elektrický proud. Opačným směrem pronikají kladné ionty při redukci přes elektrolyt. Na

elektrodách náboj vytvoří potenciálový rozdíl, napětí. Pro připojení do střídavé sítě je nutné upravit výstupní proud pomocí měniče elektrické energie.

V posledních několika letech se převážně v Japonsku začali rozšiřovat palivové články určené pro domácí mikrokogeneraci, jako náhrada konvenčního spalování zemního plynu. Zdroj energie pro palivový článek slouží vodík získávaný reformním procesem ze zemního plynu. Elektrický jmenovitý výkon těchto zařízení se pohybuje v jednotkách kW. Vyznačují se celkovou účinností okolo 90% a vysokou elektrickou účinností až 40%. Nevýhodou jsou stále velké investiční měrné náklady řádově 900 Kč/kW<sub>E</sub>. [7]

## 2.4.2 Jednotky s nepřímou přeměnou energie

Tato skupina KJ pracuje na principu přeměny vstupního média v tepelném stroji. Nejčastěji v tepelném stroji probíhá přeměna chemické energie v palivu oxidací hořlavých složek, ale v poslední době se rozvíjejí pohonné jednotky, které využívají tepelnou energii z obnovitelného zdroje, jako je sluneční a geotermální energie. Pohonný agregát dodává mechanickou energii, která je v podobě neustále se opakujícího pravotočivého kruhového pohybu a pohání elektrický generátor. Jako vedlejší produkt transformačních procesů je tepelné energie, kterou je možné využít pomocí soustavy tepelných výměníků. [7]

Pokud elektrický generátor KJ pracuje paralelně s elektrickou sítí, je výhodnější použít asynchronní stroj, který je konstrukčně jednodušší a levnější. Pokud KJ bude pracovat v ostrovním režimu nebo jako záložní zdroj je nutné, volit synchronní generátor, který vyžaduje buzení el. proudem.

Pohonný agregát kogenerační jednotky může spalovat nejrůznější druhy paliv. Nejrozšířenější palivo pro malé kogenerační jednotky je zemní plyn. V poslední době se rozšířil podíl výroby z plynů spadající do kategorie obnovitelných zdrojů. Důvodem je finanční podpora energie vyrobené z těchto zdrojů. Tato podpora je vyplácena na základě zákona 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie, který podporuje využívání prostředků z obnovitelných zdrojů v závislosti na ochraně životního prostředí.

Plyn pro pohon kogeneračních jednotek se získává jak v přírodě, tak i v průmyslových odvětvích. Může to být bioplyn vytvářející se na skládkách, čistírnách odpadních vod, biostanicích využívající zemědělské plodiny, nebo uvolňující se při důlní činnosti, či vznikající při zpracování ropy atd.

Nejrozšířenější pohonné jednotky pro malé kogenerační jednotky, kterými se tato práce zabývá, jsou:

- Spalovací pístové motory
- Mikroturbíny
- Stirlingův motor

Další pohonné agregáty využívané především pro instalovaný výkon výroby nad 1 MW jsou:

- Parní turbíny
- Turbína pracující s Organickým Rankinovým cyklem
- Plynová turbína

#### ***2.4.2.1 Spalovací pístové motory***

Spalovací motory (SM) jsou široce využívané pohonné jednotky zejména z důvodu jejich nízké pořizovací ceně oproti jiným pohonným jednotkám. Spalovací motory určené výhradně pro KJ jednotky významných výrobců se liší od masivně vyráběných spalovacích motorů v sériové výrobě pro automobilový průmysl. Ale princip je totožný od potřeb automobilového průmyslu a bez velkých nákladů na výzkum je možné dosažené výsledky převzít. SM pro kogenerační jednotky jsou konstruovány na konstantní zatížení při nízkých otáčkách. Tím je možné dosáhnout vyšší životnosti motoru a delších servisních intervalů oproti motorům používaných v automobilovém průmyslu. V posledních desetiletích bylo v konstruování SM dosaženo značného pokroku podmíněného zejména ekonomickými a ekologickými požadavky.

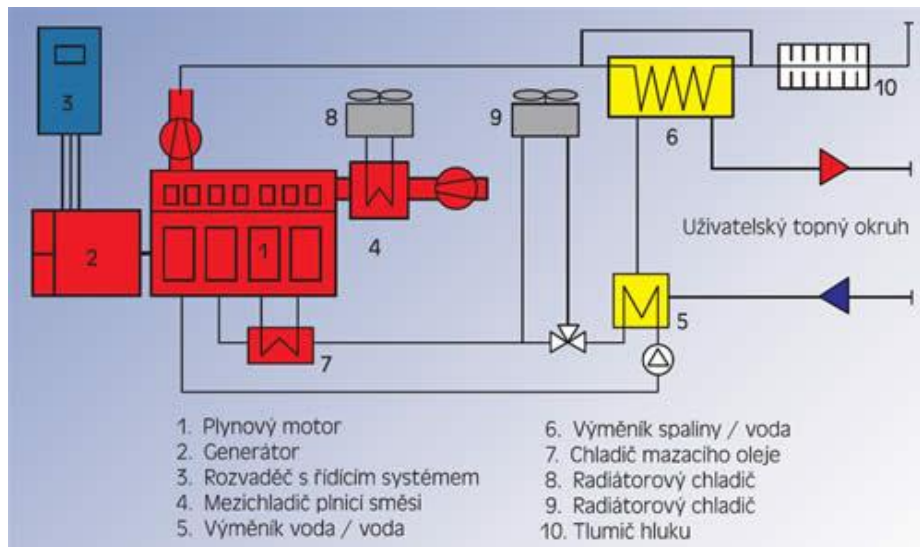
Základní rozdělení těchto motorů je podle způsobu zapalování směsi paliva a dělí se na zážehové a vznětové. U zážehových motorů je zapalována směs vzduchu a paliva pomocí elektrické jiskry a příslušný tepelný oběh se nazývá Ottův. U vznětových motorů

dochází k samovznícení směsi po dosažení zápalného tlaku paliva. Do stlačeného vzduchu se vstříkuje palivo. Tento tepelný oběh se nazývá Dieselův. Principiálně jsou oba tepelné oběhy shodné. Odvod tepla u obou cyklů je proveden při konstantním objemu. Použité palivo může být kapalné nebo plynné, popřípadě mohou být SM duální, pracují s plynem jako hlavním palivem a kapalné palivo je použito pro vznícení směsi. Pro zajištění rovnoměrného průběhu kroutícího momentu přenášeného na hřídel se SM konstruují jako víceválcové. [7]

Účinnost je závislá na kompresním poměru a zvláště u zážehových motorů s malým výkonem je menší než u vznětových, které pracují s větším kompresním poměrem. Elektrická účinnost SM se v závislosti na výkonu pohybuje v rozmezí od 28% do 42%. Účinnost roste s rostoucí Poissonovou konstantou tj. s klesajícím počtem atomů v molekule pracovní látky. Pro zvýšení účinku SM se spalovací vzduch před vstupem do spalovací komory stlačí kompresorem. S větším množstvím vzduchu lze dosáhnout větší hustoty energie v pracovním prostoru pístu.[7]

U SM lze principiálně odebírat tepelnou energii z výfukových spalin, chladící vody motoru, mazacího oleje motoru, chlazení kompresoru nasávaného vzduchu. Spaliny na výstupu z motoru mají teplotu 450-650 °C. Přibližně 50% odcházejícího tepla připadá na chlazení motoru, které zajišťuje chladící voda s výstupní teplotou v rozmezí 90-100 °C. Regenerace tepla se provádí kaskádovitě od nejnižších teplot k nejvyšším. Napájecí voda prochází přes výměník chlazení oleje, chlazení motoru a je dohřáta na požadovanou výstupní teplotu ve spalinovém výměníku.[7]





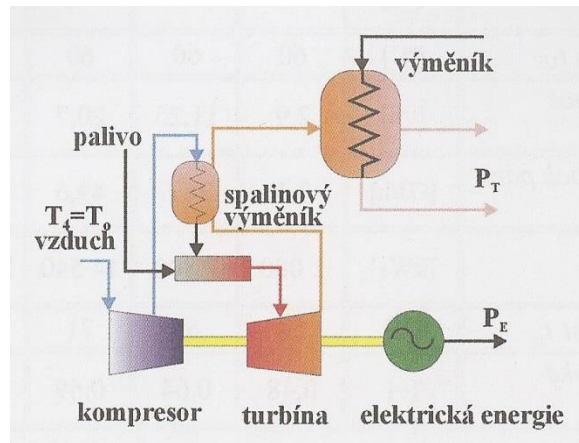
Obr. 2.3 Schéma KJ se spalovacím motorem

Spalovací motory jsou technicky složitější a větší než spalovací turbíny, a jsou vzhledem k vyšší sériovosti levnější a dosahují vyšší účinnosti. Ta je však kompenzována poněkud vyššími servisními náklady během životnosti motoru. Spalovací motory obsahují hodně přes 120 pohyblivých částí a tím jsou náchylnější na poruchy. Generální oprava je nutná po 30-70 tis. hodinách provozu. Právě na zvyšování elektrické a celkové účinnosti a na snížení servisních nákladů se v posledních letech soustřeďuje vývoj v této oblasti. Nejčastěji se používají průmyslové motory přizpůsobené k dlouhodobému provozu při konstantním zatížení v nízkých otáčkách cca 1500 otáček za minutu. Velkým přínosem kogeneračních jednotek s plynovými motory je jejich vysoká elektrická účinnost a snadné využití tepla. Teplo z chlazení motoru a mazacího oleje se odvede z primárního okruhu jednoduchým výměníkem voda – voda. Vychlazení spalin je také mnohem jednodušší než u turbín, které jsou citlivé na protitlak (výměník pak musí být poměrně velký, a tím i drahý).[5]

#### 2.4.2.2 Mikroturbíny

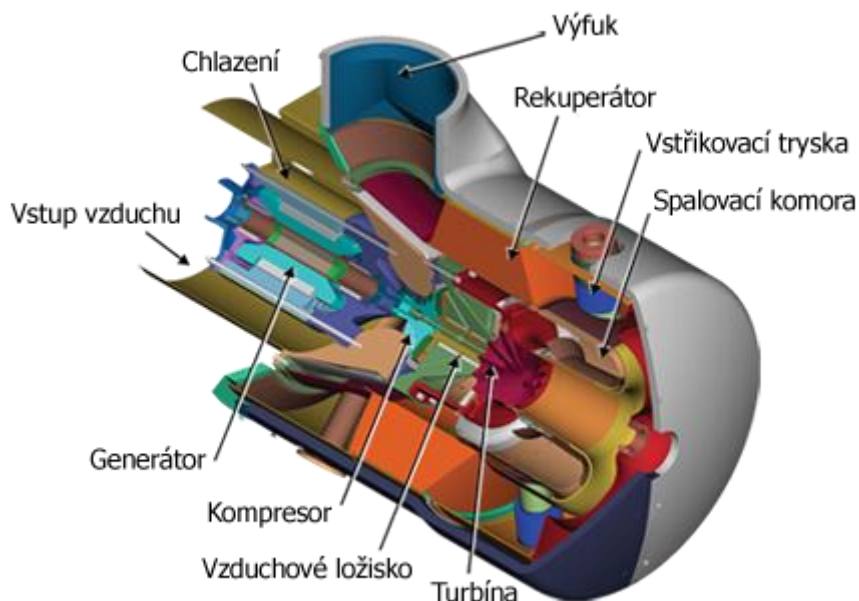
Mikroturbíny (MT) jsou plynové turbíny malého výkonu, které pracují při vysokých otáčkách. MT je rotační lopatkový stroj s Braytonovým cyklem, který převádí tlakovou a tepelnou energii spalin, expandující ze spalovací komory na kinetickou energii. Pracovní látkou je vzduch, který je nejdříve stlačován kompresorem, ve spalovací komoře je mu při spalování paliva dodávána tepelná energie, v turbíně pak dochází

k tlakové expanzi. Část vyrobené technické práce je použita na pohon kompresoru a zbytek lze využít na pohon elektrického generátoru. Spalovací komora je zařazena bezprostředně před tepelný motor a nelze z ní provádět odvod tepla by-passem přímo pro spotřebitele. Jedná se tedy o čistě sériové zapojení mezi výrobou elektrické a dodávkou tepelné energie.



Obr. 2.4 Schéma KJ s mikroturbínou

Vstupní a výstupní teploty jsou vysoké, což zapříčiňuje větší nároky na použité materiály. Protože se pracovní otáčky běžně pohybují přes 80 000 otáček za minutu, musí být použit vysokofrekvenční generátor s následnou úpravou parametrů elektrické energie. Často se využívá jednohřídelové uspořádání, kdy na jedné hřídeli je umístěn kompresor, turbína i generátor. Na hřídeli mohou být použita olejová nebo vzduchová ložiska, čímž odpadá olejové hospodářství turbíny. Typické uspořádání pro MT předního výrobce Capstone (USA) je vyobrazeno na obrázku (Obr. 2.5). Velké plynové turbíny používají axiální kompresory a axiální proudění pracovní látky, na rozdíl od MT, které pracují s radiálním prouděním pracovního média. Při malých výkonech se tím dosáhne úspory místa, menších ztrát sáláním a větší účinnosti. Použitím spalovacího výměníku pro přehřev spalovacího vzduchu se výrazně zvyšuje účinnost, ale snižuje se teplota využitelná při dodávce tepla.[5]



Obr. 2.5 Řez uspořádáním mikroturbíny Capstone [12]

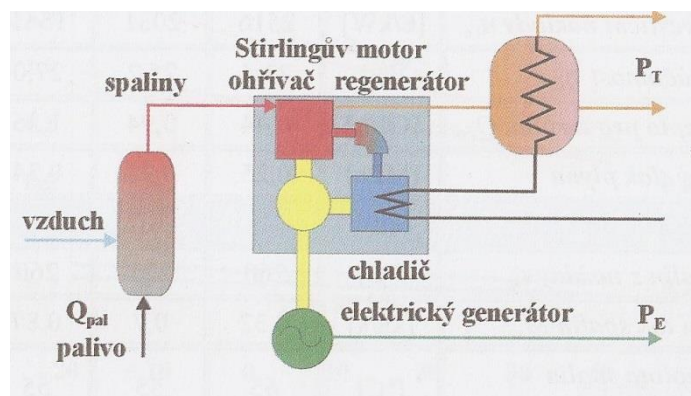
Tepelná účinnost je především závislá na tlakovém poměru, teplotě pracovní látky vstupující do spalovací komory, dále účinnosti kompresoru a ostatních turbínových zařízení. Velké účinnosti se dosahuje vysokými velký tlakovým poměrem a vysokou vstupní teplotou. Jmenovitá elektrická účinnost je u MT mezi 20-30% a dosahují celkové účinnosti mezi 65-80%. MT jsou konstruovány do poměrně malého prostoru, čímž se zabraňuje vzniku velkých tlakových ztrát v přívodech a vývodech kompresoru.[7]

Na rozdíl od spalovacího motoru, MT mají podstatně méně pohyblivých částí. Na společné hřídeli mají jednostupňový kompresor, turbínu s oběžným kolem, který bývá cca 10 cm v průměru a vysokootáčkový elektrický generátor nebo klasický generátor s převodovkou. MT mají životnost několikanásobně větší než spalovací pístové motory přes 130 000 provozních hodin a vyšší pořizovací cenu. Celková účinnost je o něco nižší než u kogeneračních jednotek se spalovacím motorem.[5]

### 2.4.2.3 Stirlingův motor

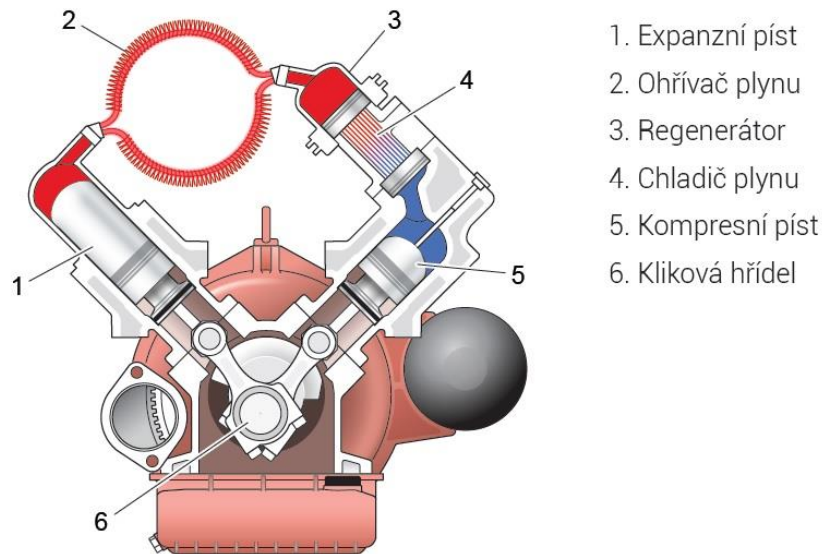
Stirlingův motor (StM) je tepelný stroj pracující se střídavým stlačováním a expanzí pracovní látky, nejčastěji je to helium, vzduch, dusík nebo CO<sub>2</sub>. Jedná se o pístový motor s vnějším spalováním. Po zahřátí ohříváčem plynu se pracovní plyn rozpíná a tlačí na píst v expanzním válci (horká strana). Rozpínající se horký plyn poté proudí přes

regenerátor a chladič, kde regenerátor uchovává tepelnou energii před ochlazením. Kompresní píst (chladná strana) přesunuje ochlazený pracovní plyn zpět do horké oblasti, plyn je znovu ohříván, rozpíná se a začíná nový cyklus. Stlačováním při nízké teplotě pracovního plynu a expanzí při vysoké teplotě pracovního plynu probíhá transformace tepelné energie na mechanickou práci. Pracovní plyn je neustále pod vysokým tlakem, protože zůstává uvnitř motoru, což zvyšuje výkon. Jde o motor s uzavřeným oběhem bez explozivního spalování, s regenerativním ohřevem a se stálou náplní pracovního plynu. Uzavřený pracovní cyklus je definován jako termodynamický systém, ve kterém není s okolím vyměňován pracovní plyn, ale jen tepelná energie. Výměna tepla s okolím probíhá přes tepelné výměníky ohříváče a chladiče. Regenerátor je tepelný výměník, který uschovává tepelnou energii v době mezi expanzí a kompresí pracovního plynu. Tepelný oběh StM se blíží Carnotovu oběhu. [3]



Obr. 2.6 Schéma KJ se Stirlingovým motorem

Tepelná energie pro pohon jednotky může být získávána spalováním nejrůznějších kvalitních paliv s vysokou výhřevností, jako je zemní plyn, uhlí a paliva na bázi ropy. Je možné i využít paliva z obnovitelných zdrojů (biomasa, rostlinný olej, bioplyn) nebo tepelnou energii ze slunečního záření či jiných technologických procesů v průmyslu produkující teplo. V tomto případě je spalovací komora nahrazena přívodem tepelné energie. Na typu použitého paliva je závislá doba potřebná pro dosažení jmenovitých parametrů KJ, která je delší z důvodu pomalejšího přestupu tepla z vnějšího zdroje přes výměníky a s použitím méně kvalitních paliv se ještě prodlužuje.



Obr. 2.7 Řez Stirlingovým motorem [3]

Účinnost ideálního Stirlingova cyklu je závislá na kompresním poměru, na poměru teplot v expanzním a kompresním prostoru a na použité pracovní látce. U vyráběných KJ se často jako pracovní plyn používá hélium a tyto KJ dosahují elektrické účinnosti okolo 25%.

KJ se StM se vyznačují vysokou životností okolo 120 tisíc provozních hodin a servisním intervalem po 8 000 hodinách provozu. U StM spalující biomasu může být servisní interval kratší z důvodu zanášení přestupních ploch.

V porovnání KJ s StM a se spalovacím motorem se tyto jednotky vyznačují vyšší životností, ale mají vyšší pořizovací náklady a dosahují menší elektrické účinnosti. Díky neexplozivnímu spalování jsou jednotky tiché a tím se rozšiřují možnosti na jejich umístění. Regulační možnosti výkonu jednotky s StM jsou omezené, doba náběhu je v porovnání s ostatními uvedenými pohonnými jednotkami delší a nelze je použít jako záložní zdroj energie.

## 2.5 Řídicí systém kogeneračních jednotek

Provoz moderních kogeneračních jednotek je plně automatický. Řídicí systém monitoruje provoz jednotky velkým množstvím senzorů a dokáže předcházet případným poruchám.

Pro řízení chodu KJ se nejčastěji používají řídicí systémy s víceprocesorovým modulárním systémem, sestávající z centrální části, zobrazovací jednotky a rozšiřujících modulů analogových a binárních vstupů a výstupů.[2]

Ke kontrole a řízení je řídicí systém vybaven zobrazovací jednotkou s příslušnými ovládacími prvky přímo na plášti jednotky. Pomocí tlačítek na řídicím systému nebo na zobrazovací jednotce se provádí základní nastavování a monitoring.

Pro ovládání více kogeneračních jednotek slouží specializované řídicí systémy, tzv. koncentrátory, které umožňují rozdělování výkonu mezi jednotlivá soustrojí. [2]

Firma Tedom nabízí zákazníkům možnost dálkového monitoringu a on-line sledování chodu a technického stavu kogeneračních jednotek.

Dálkový monitoring umožňuje velmi rychle reagovat na případné poruchy stroje a často jim i předcházet.

Kogenerační jednotka připojená do systému dálkového monitoringu komunikuje přes internetové připojení dvěma navzájem oddělenými komunikačními protokoly – jeden pro účely provozovatele a druhý pro účely monitoringu. Používaný řídicí systém například jednotkami TEDOM je UNIMA-KS. Pomocí kterého se jednotka ovládá z PC a monitoring provozu je možný i pomocí chytrého mobilního telefonu s přístupem na internet.

Výrobce KJ může mít plnohodnotný přístup do řídicího systému kogenerační jednotky a ke všem měřeným údajům. Nezávisle na provozovateli může provádět diagnostiku jednotky nebo stahovat historii, přičemž nijak neomezuje provozovatele v řízení jednotky. Monitoring nezasahuje do provozu kogenerační jednotky, dokáže

předvídat potenciální poruchy a minimalizovat jejich možné dopady. O potenciálních problémech s chodem kogenerační jednotky je informován provozovatel. [2]

Regulace dle spotřeby elektrické jednotky slouží k optimalizaci výroby elektrické energie dle aktuální spotřeby objektu. Díky této regulaci se zamezí dodávání elektrické energie do elektrické sítě. Řídicí systém získává informaci o aktuální spotřebě z převodníku, který měří směr a velikost odběru nebo dodávky elektrické energie z nebo do sítě a přizpůsobuje výkon kogenerační jednotky. Využívá se v případech, kde je nežádoucí dodávat elektrickou energii do sítě. [2]





### 3 Hodnocení efektivnosti investice – ekonomické ukazatele

Pro vyhodnocení investice je třeba brát v úvahu několik aspektů:

- Výnosnost
- Čas
- Riziko

Výsledkem ekonomické analýzy bude rozhodnutí:

- Zda investice uskutečnit
- Kdy investici uskutečnit
- Výběr nejlepší varianty k realizaci

Investiční projekty lze rozdělit z pohledu aktiv na hmotné, nehmotné, finanční.

Podle vztahu k rozvoji podniku dělíme investice na rozvojové, obnovovací a regulatorní (neposkytují žádné přímé peněžní toky, ale musí být realizované).

Podle rozsahu dělíme projekty na „zelené louce“ a v existujícím podniku.

Podle věcné náplně se rozlišují projekty na investiční, typu „nový produkt, a typu „organizační změna“. [16]

Pro úspěch podniku v oblasti dlouhodobého strategického plánování je důkladná příprava investice, kterou lze rozdělit na fáze:

- předinvestiční (předprojektová příprava)
- investiční (projektová příprava a realizace výstavby)
- provozní (operační)
- ukončení projektu a likvidace [17]

Existuje celá řada metod, které můžeme použít k vyhodnocení investic. Základní vstupní parametry, které charakterizují investice, jsou tyto: doba životnosti investice  $n$ , počáteční kapitálové výdaje  $C_0$ , cash flow plynoucí z realizace investice  $CF_i$ , a vážené

podnikové náklady na kapitál WACC („Weighted average cost of capital“ neboli průměrné náklady kapitálu). [15]

Metody hodnocení rozdělujeme do dvou základních skupin:

- Metody statické
- Metody dynamické

### 3.1 Statické metody

Statické metody, jak už z názvu vyplývá, neberou v úvahu rizikový faktor, a také časovou podstatu hodnoty finančních prostředků. Zaměřují se hlavně na sledování peněžních přínosů z investice. Jsou méně vhodným prostředkem pro hodnocení investice.[15]

#### 3.1.1 Průměrný roční výnos

Spočítá se jako součet všech peněžních toků  $CF$  „Cash flow“ spojených s investicí vydělený  $n$  počtem let životnosti investice tj. (3.1)

$$\bar{CF} = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i}{n}$$

#### 3.1.2 Průměrná doba návratnosti

Udává, za jaký čas  $t$  by mělo dojít při rovnoměrné realizaci peněžních toků ke splacení investice  $C_0$  tj. (3.2)

$$t = \frac{C_0}{\bar{CF}}$$

### 3.1.3 Průměrná procentuální výnosnost

Udává, kolik procent investovaného kapitálu se ročně v průměru vrátí tj.

(3.3)

$$\bar{r} = \frac{\sum CF}{C_0}$$

### 3.1.4 Doba návratnosti

Anglicky „Payback Period“, odtud zkratka PP. Udává kolik let je zapotřebí k tomu, aby se kumulované hotovostní toky  $CF$  vyrovnaly investici. Tj. počet let  $n$ , po kterých se investice bude vracet. Pokud je výsledná hodnota menší než doba životnosti projektu, náklady na něj vynaložené s v průběhu jeho provozu vrátí.

(3.4)

$$\sum_{t=0}^{PP} CF_t \geq 0$$

$CF_t$  Hotovostní tok „cash flow“ v roce  $t$  [Kč]

Velkým problémem této metody je, že přisuzuje stejnou váhu všem hotovostním tokům před datem návratnosti a nulovou váhu po tomto datu. V tomto případě o této metodě hovoříme jako o statické (nezohledňuje faktor času). Tento problém lze odstranit tím, že zavedeme tzv. diskontovanou návratnost, kdy diskontujeme toky hotovosti, jejichž suma se má následně vyrovnat výši vynaložených nákladů. Dalším rizikem je subjektivita při určování doby návratnosti, jež nebere v úvahu to, že projekty jejichž efektivnost bude určována právě návratností, mohou mít různou životnost. Z výše uvedených nevýhod vyplývá, že tuto metodu lze aplikovat pouze na projekty, které jsou navrženy se stejným časovým horizontem.

Jak bylo uvedeno výše, statické metody mají své nedostatky, a proto se využívají jen u méně významných projektů, nebo tam, kde se předpokládá krátká doba životnosti projektu a nízký stupeň rizika. [15]

## 3.2 Dynamické metody

Dynamické metody, na rozdíl od statických, přihlížejí k působení faktoru času. Čas je ve vzorcích zohledněn tzv. diskontováním. Zároveň je zohledněno i riziko spojené s investicí.

### 3.2.1 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (anglicky „Net present value“ NPV), je základ všech dynamických metod, a také metodou nejvíce vhodnou, protože dává srozumitelný výsledek a jasná rozhodující kritéria. Čistá současná hodnota je nejlepší způsob hodnocení investic, a to především díky těmto vlastnostem:

- její výsledky lze v portfoliu investic sčítat
  - bere v úvahu časovou hodnotu peněz
  - závisí pouze na předvídaných hotovostních tocích a alternativních nákladech kapitálu
- (3.5)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

- NPV* čistá současná hodnota  
*CF<sub>t</sub>* peněžní toky v jednotlivých letech  
*n* doba životnosti projektu  
*r* diskontní úroková míra

Výsledná hodnota NPV udává, kolik peněz realizace investice vlastně přinese s přihlédnutím k časové hodnotě peněz. Pokud vyjde NPV kladné, je projekt přípustný. Oproti tomu, pokud je výsledek záporný, nemůže dojít k navrácení vloženého kapitálu v požadovaném zhodnocení a projekt je tedy nepřijatelný. Slabou stránkou této metody je citlivost na vývoj úrokových měr, která je promítnuta do výše diskontního faktoru a je jen obtížně předvídatelná. [15]

### 3.2.2 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return) udává relativní výnos (rentabilitu), kterou projekt během svého životního cyklu poskytuje. Číselně je rovno diskontní sazbě, při které je NPV = 0. U investic, jejichž doba životnosti je delší než dva roky, se počítá použitím iteračních metod či metod pokusů a omylů. (3.6)

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

$CF_t$  peněžní toky v jednotlivých letech

$n$  doba životnosti projektu

Investice je dle tohoto kritéria přijatelná, pokud je IRR větší než diskontní sazba nebo průměrné náklady kapitálu. Čím vyšší je IRR, tím vyšší je návratnost investice.

Nevýhodou je že IRR lze bez problémů použít jen u investic s konvenčními peněžními toky. Tedy, kdy se znaménko u finančních toků v jednotlivých obdobích změní pouze jednou. U nekonvenčních peněžních toků dochází ke změně znaménka několikrát. IRR tak může nabývat více hodnot. V případě, kdy tok peněžních toků je pouze kladný (např. když získáme dotaci na počáteční investici), nemusí IRR vůbec existovat. Naopak velkou výhodou je, že pro stanovení a využití pro rozhodování o přijetí nebo nepřijetí podnikatelského projektu není nezbytně nutné znát přesně diskontní sazbu.[15]

### 3.2.3 Index ziskovosti

Anglicky „Profitability Index“ (PI), vyjadřuje poměr přínosů k počátečním kapitálovým výdajům. (3.7)

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_t}{(1 + r)^t}}{C_0}$$

$r$  diskontní úroková míra

$n$  doba životnosti projektu

$C_0$  počáteční kapitálový výdaj

Projekt může být přijat k realizaci, jestliže index ziskovosti je větší než 1. Číslo udává „relativní“ obohacení společnosti. Ukazatel je vhodné využívat jako doplňující kritérium k NPV, a také v případě, že porovnáváme více investičních variant mezi sebou.[15]

### 3.3 Oceňování kapitálových aktiv – Model CAPM

Z anglického „Capital Asset pricing“ model. Vycházíme z následujícího vztahu:

(3.8)

$$r_e = r_f + \beta \times (r_m - r_f)$$

$r_f$	bezriziková výnosová míra
$\beta$	systematické tržní riziko
$r_m$	průměrná výnosnost kapitálového trhu
$r_e$	náklady vlastního kapitálu v procentech

### 3.4 Diskontní sazba – Náklady na investovaný kapitál

Z anglického „Weighted Average Cost of Capital“-WACC. V podnikové ekonomii se diskontní sazba využívá pro přepočítání budoucích toků peněz na současnou hodnotu. Výše diskontní sazby se stanovuje v případě, kdy jsou využívány dynamické metody hodnocení efektivnosti investic. Průměrné náklady na kapitál lze vypočítat podle následujícího vzorce:

(3.9)

$$i(WACC) = r_e \times \frac{E}{(E + D)} + r_r \times (1 - t) \times \frac{D}{(E + D)}$$

$i(WACC)$	průměrné náklady na kapitál
$r_e$	náklady na vlastní kapitál
$r_d$	náklady na cizí kapitál
$E+D$	celkový investovaný kapitál
$E$	vlastní kapitál
$D$	cizí úročný kapitál
$t$	sazba daně ze zisku

### 3.5 Klasifikace nákladů a výnosů

Finanční položky rozdělujeme na výdajové a příjmové. Výdajové položky dále dělíme na náklady a výdaje.

Náklady jsou peněžním vyjádřením spotřeby materiálu, opotřebení pracovních pomůcek, mzdy. Výdaje představují úroky z půjček, odvody atd., které snižují zisk nebo zmenšují prostředky podniku. Příjmové položky vyjadřují částku, kterou získáme z realizace výroby. Příjmy vznikají prodejem produktu kogenerační jednotky.[15]

Náklady dělíme na :

- náklady na výstavbu – vynakládají se většinou jednorázově
- náklady na provoz – během výrobní činnosti se mění

Základní druhové členění nákladů:

- náklady materiálové – zahrnují náklady na spotřebovaný materiál, odpisy, služby
- náklady mzdové – spojeny s lidským faktorem ve výrobě, odměny za práci
- náklady ostatní – pojistné, příspěvky na sociální zabezpečení, úroky

Členění nákladů podle závislosti na objemu výroby:

- stálé – s objemem výroby se nemění, zahrnuje odpisy, náklady na opravu a údržby, náklady na energie
- Proměnné - mění se úměrně s objemem výroby, zahrnuje náklady na opravu, prémie, náklady na spotřebovaný materiál

Rozdělení investičních nákladů:

- náklady na pořízení (kapitálové)- souvisí pouze s nákupem od dodavatele, zahrnuje pořizovací cenu zařízení
- instalační náklady – vznikají v místě zákazníka nebo provozovatele, představují stavební úpravy, instalace měření, částky za připojení do sítě

- projektové náklady – částka potřebná na vypracování projektu a příslušných analýz, poplatky za instalaci, zaškolení personálu[15]

### 3.6 Odpisy

Odpisy v peněžním vyjádření reprezentují opotřebení investičního majetku za určité období. Vyjadřují snižování hodnoty investičního majetku. Jako součást nákladů snižují zisk a tím i odváděnou daň z příjmů, aniž by byli výdajem. Odpisy jsou nákladem.

Odpisy mají trojí význam:

1. umožňují vyjádření zůstatkové ceny dlouhodobého majetku
2. umožňují stanovit náklady a cenu vytvářených výkonů
3. umožňují vytváření prostředků na obnovu dlouhodobého majetku

Odpisy dělíme na:

- účetní – stanovení je plně v pravomoci podniku, vychází ze skutečného opotřebení majetku, nejsou daňově uznatelné
- daňové- jejich výše je stanovena zákonem o daních z příjmu 586/1992 Sb., který určuje i rozřídění do jednotlivých skupin s dobou odepisování 3-50 let

Způsoby odpisování:

- lineární – první rok je odpisová sazba poloviční oproti dalším rokům, další roky je odpis konstantní. Roční odpis se stanoví jako součin odpisové sazby a pořizovací ceny
- zrychlený způsob odpisování – odpisy hmotného majetku se stanoví v prvním roce odpisování jako podíl jeho pořizovací ceny a koeficientu odpisování pro první rok. V dalších letech pak jako podíl dvojnásobku jeho zůstatkové ceny a rozdílu mezi koeficientem pro další roky a počtem let, po který byl majetek již odpisován.[15]



## 4 Legislativa spojená s provozem a připojením kogenerační jednotky

S pořízením a provozem kogenerační jednotky je spojeno velké množství administrativních úkonů, které jsou upraveny řadou zákonů a vyhlášek. Pro lepší orientaci je možné rozčlenit na následující řízení a povinnosti, které je nutné splnit pro instalaci jednotky:

- Stavební povolení
- Autorizace k výstavbě výroby elektřiny
- Licence pro výrobu elektřiny
- Připojení výroby k distribuční soustavě
- Kolaudace
- Osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET
- Registrace u operátora trhu s elektřinou
- Smlouva na výkup silové elektřiny
- Výkaznictví a kontrola

Výčet povinností pro potenciálního investora, který chce využívat primární zdroje s vyšší účinností, může připadat nepřekonatelný. Většina dodavatelů KJ zařízení dokáže doložení všech potřebných dokumentů zařídit nebo pomoci. Je nutné počítat, ale s vynaložením finančních prostředků na jejich získání, které celý projekt prodraží. Než proběhnou všechna řízení, může uplynout i více než rok, od záměru instalovat jednotku.

### 4.1 Stavební povolení

Stavebnímu řízení je možné se vyhnout pouze v případech, kdy KJ je zřizovaná v místě stávající kotelny, k níž se nemusí zřizovat nová plynová přípojka, nemění se odvod spalin a nedějí se větší stavební úpravy.

Z výše uvedeného vyplývá, že ve většině nových instalací je nutné splnit požadavky stavebního zákona č. 183/2006 Sb. a je nutné územní a stavební řízení nebo souhlas pro instalaci jednotky na místně příslušném stavebním úřadě. Je nutné zpracovat projekt na instalaci KJ ve stupni dokumentace pro „stavební povolení“, který

bude obsahovat způsob vyvedení elektrického výkonu do sítě, na základě požadavků místního distributora elektrické energie. Dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. je nutné u stavby či změně stacionárního spalovacího zdroje o příkonu vyšším než 300 kW závazné stanovisko krajského úřadu. U KJ jednotek instalovaných v zástavbě bude místní hygienickou stanicí požadováno vypracování hlukové studie.

V rámci stavebního řízení se k projektu vyjádří subjekty státní správy, hygiena, hasiči, životní prostředí a správci sítí v dané oblasti, distributor, vodárny, plynárny, správce sítí elektronických komunikací.

## 4.2 Autorizace k výstavbě výroby elektřiny

Výstavba výroby elektřiny o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 100 kW<sub>E</sub> a více je možná pouze na základě udělené státní autorizace na výstavbu výroby elektřiny. O udělení autorizace rozhoduje Ministerstvo průmyslu a obchodu na základě písemné žádosti, která musí mimo jiné obsahovat:

- Harmonogram přípravy výstavby výroby elektřiny obsahující předpokládané termíny vydání rozhodnutí o umístění stavby, stavebního povolení, připojení k přenosové soustavě nebo přepravní soustavě nebo distribuční soustavě elektřiny nebo distribuční soustavě plynu, případně zahájení zkušebního provozu a kolaudačního souhlasu
- Základní údaje o výrobě elektřiny včetně instalovaného výkonu, druhu výroby a energetické účinnosti
- Předpokládané umístění výroby elektřiny
- Údaje o palivu nebo o jiných použitých zdrojích energie
- Vyjádření provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy o zajištění systémových služeb a o vlivu na bezpečnost a spolehlivost provozu elektrizační soustavy včetně termínu a podmínek připojení
- Doklady prokazující finanční předpoklady k výstavbě výroby elektřiny
- Údaje o charakteru provozu výroby elektřiny a o předpokládaném ročním využití instalovaného výkonu

- Vyjádření operátora trhu o vlivu výroby elektřiny na zajištění rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu a na naplňování cílů Národního akčního plánu pro energii z obnovitelných zdrojů.[11]

### 4.3 Licence pro výrobu elektrické a tepelné energie

Pro výrobu elektřiny z kogenerace potřebujete mít vyřízenou licenci na výrobu elektřiny. V případě podnikání s teplem budete potřebovat i licenci nebo změnu licence na výrobu tepelné energie. Tuto licenci vydává Energetický regulační úřad. Fyzická nebo právnická osoba, která žádá o udělení licence, musí prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. Fyzická nebo právnická osoba žádající o udělení licence je povinna doložit vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení, které má sloužit k výkonu licencované činnosti. Není-li žadatel o licence vlastníkem energetického zařízení, je povinen doložit i souhlas vlastníka energetického zařízení s jeho použitím k účelům vymezeným zákonem č. 458/2000 Sb., a to nejméně po dobu, na kterou má být licence udělena. Finanční předpoklady není povinen prokazovat žadatel o licenci na výrobu elektřiny, pokud bude instalovaný elektrický výkon výroby elektřiny nižší než 200 kW, nebo žadatel o licenci na výrobu tepelné energie, pokud bude instalovaný tepelný výkon zdroje nižší než 1 MW. K získání licence potřebujete:

- Kopii smlouvy nebo listiny o zřízení nebo založení právnické osoby, u osob zapsaných v obchodním či obdobném rejstříku postačí výpis z tohoto rejstříku
- Doklady prokazující odbornou způsobilost fyzické osoby a odpovědného zástupce; tato osoba musí splnit požadavky na kvalifikaci a praxi dle zákona č. 458/2000 Sb.
- Doklady prokazující finanční a technické předpoklady
- Doklady prokazující vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení (postačí například faktura za kogenerační jednotku)
- Prohlášení odpovědného zástupce, že souhlasí s ustanovením do funkce a že není ustanoven do funkce odpovědného zástupce pro licencovanou činnost u jiného držitele licence
  - Doklady o umístění provozovny.[11]

## 4.4 Připojení výroby k distribuční soustavě

U územně příslušného distributora elektřiny (např. EON, ČEZ, PRE) je třeba zažádat o připojení zdroje k distribuční soustavě. Společně s žádostí je třeba předložit další dokumenty specifikované v žádosti, obvykle situační plánec umístění, jednopólové schéma připojení, výpis z obchodního rejstříku a další. Součástí žádosti o připojení výroby elektřiny je souhlas vlastníka nemovitosti s umístěním výroby elektřiny v jeho nemovitosti a dále v případě výroby elektřiny s instalovaným výkonem

- a) od 30 kW do 5 MW včetně územně plánovací informace o podmínkách vydání územního rozhodnutí, ze které je zřejmé, zda je výstavba výroby elektřiny v souladu s územně plánovací dokumentací,
- b) nad 5MW připojované k distribuční soustavě a výroby elektřiny připojované k přenosové soustavě územně plánovací informace o podmínkách vydání územního rozhodnutí,
- c) nad 0,5 MW navíc ještě harmonogram přípravy výstavby výroby elektřiny.

Distributor na základě žádosti posoudí možnost připojení výroby k distribuční soustavě. Z technických důvodů může připojení výroby odmítnout či podmínit. Při vyplňování žádosti je vhodné zvážit požadovaný rezervovaný výkon pro výrobu v závislosti na způsobu využití vyráběné elektrické energie. Pokud bude žádosti vyhověno, uzavře se s distributorem elektřiny smlouva o připojení k distribuční soustavě. Náležitosti smlouvy o připojení k distribuční soustavě definuje zákon č. 458/2000 Sb. a vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 51/2006 Sb. [11]

## 4.5 Kolaudace

Na základě stavebního povolení je možné nainstalovat kogenerační jednotku. K jejímu spuštění je však nutné požádat stavební odbor o povolení zkušebního provozu nebo o kolaudaci. Pro povolení kolaudace nebo zkušebního provozu je potřeba revize plynového zařízení, revizi elektroinstalace a doklady o splnění všech podmínek stavebního povolení. [11]

## 4.6 Osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET

Tímto osvědčením se prokazuje původ vyráběné elektřiny dle požadavků zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích. Osvědčení je nezbytným dokumentem pro účely stanovení podpory elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby. Osvědčení vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Vzor žádosti je uveden ve Vyhlášce č. 453/2012 Sb. Osvědčení o původu elektřiny je jedním z dokumentů požadovaných Operátorem trhu pro vyplácení příspěvku na elektřinu vyrobenou v procesu kogenerace.[11]

## 4.7 Registrace u operátora trhu s elektřinou

Výrobce elektřiny se musí zaregistrovat u Operátora trhu s elektřinou, aby se stal registrovaným účastníkem trhu (RÚT). Registrace probíhá elektronicky v systému operátora trhu, je možné využít i datovou schránku. Pro přístup k elektronické registraci je potřeba bezpečnostní certifikát od externí certifikační autority PostSignum nebo I.CA. [11]

## 4.8 Smlouva na výkup silové elektřiny

Smlouvu, je nutné uzavřít s licencovaným obchodníkem s elektřinou, pokud vyrobíme více elektrické energie, než spotřebujeme v místě instalace KJ. Pokud se smlouva neuzavře je nutné technickým řešením zajistit, aby nemohlo dojít k přetokům přebytků do sítě. Bez platné smlouvy by se jednalo o neoprávněnou dodávku do elektrizační sítě sankcionovanou dle Energetického zákona č.458/2000 Sb.

## 4.9 Výkaznictví a kontrola

Pro účely výkaznictví a získání podpory je třeba měřit množství vyrobené elektřiny v kombinované výrobě, a to ověřeným měřidlem. Použitý typ měření musí odpovídat požadavkům vyhlášky č. 82/2011 Sb. Dále je třeba prokazovat celkovou účinnost kogenerační jednotky nebo sériové sestavy a úspory primární energie. Proto je nezbytné měřit výrobu elektřiny a tepla a spotřebu paliva.

Požadavky na výkaznictví podle zákona o podporovaných zdrojích jsou specifikovány v příloze č. 3 a 4 vyhlášky č. 487/2012 Sb. Údaje podle přílohy č. 3 jsou

vykazovány prostřednictvím informačního systému operátora trhu, údaje podle přílohy č. 4 jsou ukládány výrobcem a slouží pro kontrolu vyplácené výše podpory. Dále je provozovatel kogenerační jednotky povinen podle velikosti výroby vést tyto výkazy:

- Výkaz o výrobě elektřiny pro Energetický regulační úřad
- Výkaz o spotřebě a výrobě energie pro Ministerstvo průmyslu a obchodu
- Výkaz pro Český statistický úřad
- Emise znečišťujících látek do ovzduší

Všichni výrobci elektřiny z KVET musí dodržovat platnou legislativu. Kontrolu dodržování provádí Státní energetická inspekce. V případě nedodržení požadavků legislativy hrozí pokuta. Velmi důležitým parametrem z hlediska oprávněnosti čerpání zeleného bonusu je prokázání splnění požadavků na primární úsporu energie prostřednictvím naměřených údajů o výrobě elektřiny a tepla a spotřebě paliva. [11]

## 5 Výkupní cena a podpora výroby elektrické energie z KVET

### 5.1 Podpora výroby KVET

Na elektřinu vyrobenou z kombinované výroby elektřiny a tepla je možné čerpat podle zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích podporu formou ročního zeleného bonusu za vyrobenou [MWh]. Výše podpory je stanovena vždy na jeden kalendářní rok Energetickým regulačním úřadem. Zelený bonus je stanoven v Cenovém rozhodnutí před koncem kalendářního roku pro rok následující. Zelený bonus na výrobu z KVET se vztahuje na svorkovou výrobu elektrické energie, kterou lze využít pro vlastní potřebu výrobce a přebytek dodat do distribuční sítě za sjednanou cenu s licencovaným obchodníkem. Velikost dodávky do distribuční sítě není pro čerpání bonusů nijak omezena. Podmínkou je dosažení požadované kladné úspory čerpání primárních energetických zdrojů, která se stanoví dle vyhlášky č. 441/2012 Sb. U velkých výroben nad 5MW<sub>E</sub> se od dosažené úspory odvíjí výše ročního zeleného bonusu. Musí být více než 10% oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla.

Roční zelený bonus na elektřinu z KVET se skládá ze dvou sazeb – základní a doplňkové. Doplňková sazba má různou velikost podle paliva, které KJ spaluje. Vybrané základní a doplňkové sazby Výše podpory na elektřinu z KVET se pro tyto výroby vypočte podle vztahu:

(5.1)

$$C_{zb} = E_{KVET} \cdot (ZB_{zakl.sazba} + ZB_{dopl})$$

$C_{zb}$  celková výše podpory na elektřinu z KVET

$E_{KVET}$  množství elektřiny z KVET

$Z_{zakl.saz.}$  základní sazba zeleného bonusu

$ZB_{dopl}$  doplňková sazba k základní sazbě zeleného bonusu

Rok				2015	2014	2013		
Podporovaný druh energie	Instalovaný výkon výroby [kW <sub>E</sub> ]		Provozní hodiny [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh <sub>E</sub> ]				
	od	do (včetně)		Základní sazba	Doplň. sazba	Základní sazba	Doplň. sazba	Základní s. pouze
Elektřina z KVET spalující zemní plyn	0	200	3 000	1 640		1 610		2 010
	0	200	4 400	1 180		1 150		1 540
	0	200	8 400	250		220		670
	200	1 000	3 000	1 180		1 150		1 590
	200	1 000	4 400	780	455	750	455	1 190
	200	1 000	8 400	170		140		590
	1 000	5 000	3 000	830		800		1 220
	1 000	5 000	4 400	500		470		890
	1 000	5 000	8 400	75		45		500

Tabulka 5.1 Podpora výroby el. energie z KVET spalující zemní plyn

Jak je vidět z tabulky (Tabulka 5.1) podpora se odvíjí od velikosti instalovaného výkonu KVET zdroje a počtu provozních hodin. Provozními hodinami se rozumí prvních 3000/4400/8400 hodin provozu KJ v daném kalendářním roce a současně maximální počet provozních hodin v daném kalendářním roce, po které je možné uplatnit nárok na podporu elektřiny z KVET v základní i doplňkové sazbě. Změnu režimu provozních hodin je možné provést pouze v termínech a postupech uplatňujících se při změně formy podpory. Před začátkem kalendářního roku, v kterém podpora bude čerpána. V rámci jedné výroby je možné uplatňovat více režimů s různým počtem provozních hodin pro jednotlivé výrobní zdroje elektřiny.

V „Cenovém rozhodnutí ERU 2013“ pro KJ spalující zemní plyn byla pouze základní sazba zeleného bonusu (ZB). Doplňková sazba nebyla pro tento typ výroby stanovena. Zelený bonus pro roky 2014, 2015 je srovnatelný s ZB pro rok 2013, pouze došlo k rozdělení sazby na doplňkovou a základní.



Zákon 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie zrušil podporu za decentralní výrobu, kterou bylo možné čerpat v případě, že vyrobená elektřina nebo její část dodávána do distribuční soustavy. Podpora za decentralní výrobu elektřiny byla poskytnuta na množství elektřiny naměřené v předávacím místě decentralní výroby elektřiny a distribuční soustavy. Podpora za decentralní výrobu

Pokud vyrobená elektřina slouží pro vlastní potřebu výrobce a instalovaný výkon výroby je vyšší než 30 kW<sub>E</sub>, je možné účtovat místně příslušnému distributorovi cenu za sníženou potřebu systémových služeb podle platného cenového rozhodnutí.[11]

Vyplácení podpory zajišťuje Operátor trhu s elektřinou. Vyrobené množství a splnění podmínek je vykazováno elektronicky prostřednictvím informačního systému operátora trhu, který na základě takto vykázaných údajů vyplatí odpovídající výši zeleného bonusu. Operátor trhu vyplacené podpory rozpočte odběratelům energie do faktury za elektrické energie jako položku „Krytí vícenákladů spojených s podporou elektřiny z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů“.

## 5.2 Výkupní cena elektrické energie

Jak bylo popsáno v (kap. 4.1) je možné nevyužitou vyrobenou elektrickou energii prodat pomocí licencovaného obchodníka. Liberalizací trhu s energií těchto obchodníků vzniklo velké množství. U zavedených obchodníků jako jsou ČEZ, PRE, EON je zpravidla vždy možné energii prodat, ale pokud provozovatel KJ disponuje jednotkou pouze malých výkonů do 200 kW<sub>E</sub> je nutné počítat s tím, že za dodanou elektrickou energii obchodník zaplatí pouze okolo 500 Kč/MW<sub>E</sub> a to pouze pokud je obchodník zároveň stávajícím dodavatelem energie. Jinak může být cena ještě nižší. Nákup elektrické energie z KJ jednotek malých výkonů je pro obchodníky neatraktivní, ale lze nalézt obchodníky, který se na výkup této energie specializují a mohou nabídnout o něco lepší výkupní cenu. Je to vždy otázkou konkrétního vyjednávání s obchodníkem. Například obchodník s elektřinou Amper Market a.s. se specializuje na výkup energie z podporovaných zdrojů a s touto energií obchoduje na energetické burze PXE.

V případech provozování velké KJ nebo skupinu KJ o instalovaném elektrickém výkonu v řádech jednotek  $MW_E$  je možné uvažovat o vyřízení licence na obchodování s elektřinou a elektřinu prodat za tržní cenu na burze s elektřinou PXE (Power Exchange Central Europe). V České republice působí celá řada firem, která vlastní množství jednotek nainstalovaných u odběratelů elektrické a tepelné energie, jako jsou průmyslové podniky, bytové domy a jiné objekty, kde je spotřeba tepelné energie a přebytky elektrické energie prodávají na energetické burze. Jedna z těchto firem je OnSite Power s.r.o., která převážně dodává jednotky českého výrobce KJ firmy Tedom s instalacemi po celé České republice. Tyto jednotky jsou řízeny z centrálního dohledového pracoviště a výkon jednotek se přizpůsobuje aktuálním potřebám vyplývajícím ze situace na trhu s elektřinou bez regulačních zásahů v místě instalace. Zpravidla tento „business“ funguje, tak že v místě instalace jednotky u odběratele je instalováno akumulární zařízení, z kterého odběratel odebírá tepelnou energii dle potřeby, ale musí se zavázat, že nákup další tepelné energie je možný až po vyčerpání tepelné energie z akumulární nádrže. Majitel KJ dodává tomuto odběrateli i elektrickou energii. Dodávka energií z KJ je pro odběratele výhodnější než z distribuční elektrické sítě a centrálního zásobování teplem či zemním plynem. Majitel KJ jednotky může nad rámec potřeby odběratele vyrábět elektrickou energii, která je prodána na burze a dodána do distribuční sítě. Popsané řešení instalace KJ je výhodné pro obě strany. Odběratel v místě instalace KJ jednotky čerpá levnější energii bez toho, aby se musel starat o výstavbu, financování, administraci, provoz a údržbu KJ jednotky, za kterou by musel vynaložit daleko více prostředků než obchodní partner, který spravuje takto těchto jednotek několik. Majitel KJ profituje z provize na prodeji energií jak odběrateli v místě, tak z prodeje do sítě.

## PRAKTICKÁ ČÁST

### 6 Současný stav spotřeby energií na KPB Mělník

Aby bylo možné navrhnout vhodnou KJ nebo dokonce skupinu KJ, je nutné si zajistit detailní diagram spotřeby pro každou využívanou formu energií samostatně. Pokud se jedná o objekt, kde je uvažováno doplnění nebo výměna používané technologie vytápění KJ je potřebné údaje poměrně jednoduché získat. K prvotní tzv. „Studii proveditelnosti“ o vhodnosti instalace KJ jednotky postačí faktury za spotřeby využívaných forem energie (horké vody, plynu, elektrické energie, páry apod.) s měsíčním vyúčtováním. Na základě těchto faktur a stanovení, jaké spotřebiče, se v objektu na této spotřebě podílejí. Pro jednotlivé spotřebiče je nutné přibližně určit dobu provozu v rámci jednoho dne a změnou provozní doby v období jednoho roku (nejčastěji sezónní využívání, odstávky spotřebičů apod.). Na základě těchto získaných údajů je možné odhadnout jakou výkonovou řadu KJ zvolit a předpokládaný počet provozních hodin.

V další fázi přípravy projektu je nutné získat přesnější údaje o vývoji spotřeby, především elektrické energie. Sestavit denní diagramy spotřeby energie v časových intervalech, abychom mohli sestavit křivku trvání výkonu. Není nutné sestavovat 360denní diagram spotřeby, který vyžaduje celoroční sběr dat. Křivku trvání výkonů lze s velmi dobrou přesností sestavit z průměrných hodinových popřípadě ¼ hodinových požadovaných výkonů. Tyto ¼ hodinové průměrné hodnoty výkonů lze získat velmi jednoduchým způsobem od distributora energie, pokud je v objektu instalován elektroměr s automatickým odečtem, který se dnes stává standardem. V závislosti na dostupných informacích postačuje získat údaje pro sestavení DZ těch dní, které se od sebe výrazněji liší (pracovní dny, soboty, neděle, odstávky apod.), a pro tyto charakteristiky denní diagram sestavit. Obdobným způsobem by se postupovalo pro stanovení ostatních forem energií využívaných v objektu pro vytápění. Pokud je v objektu uvažováno s akumulací energie do akumulační nádrže nebo objekt svou spotřebou této energie výrazně převyšuje tepelný výkon KJ, není třeba diagramy spotřeby sestavovat s takovou přesností a postačí sestavení ročního diagramu z měsíčních hodnot spotřeby daného typu energie.

Získání digramů spotřeby popsaných výše bude daleko složitější pro novostavby, kde není možné spotřeby energií změřit. K sestavení diagramů je nutné vycházet z energetických bilancí jednotlivých spotřebičů, tepelných ztrát objektu, plánovaného počtu lidí v objektu v časových intervalech apod. Mnoho uvedených údajů je možné získat z projektu stavby, tyto údaje bývají povinnou součástí a stanoví je projektanti jednotlivých profesí, jako jsou stavba, silnoproudá elektroinstalace, vytápění, požární bezpečnost apod. Chybějící údaje je možné odhadnout na základě podobných projektů. Takto sestavené diagramy budou vždy zatíženy odchylkou od skutečného stavu po realizaci.

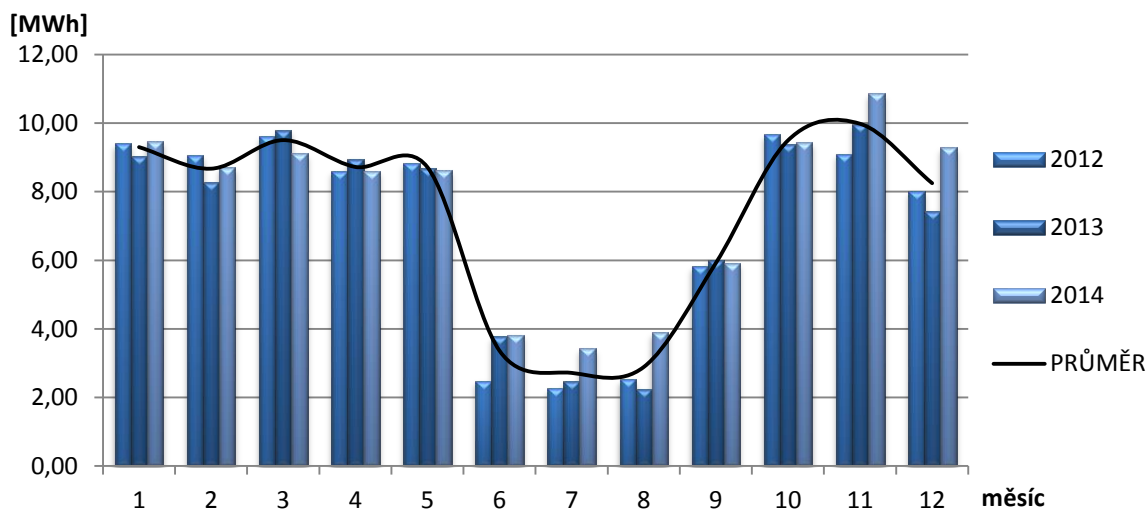
## **6.1 Spotřeba elektrické energie**

Krytý plavecký bazén je napojen na distribuční síť na hladině 0,4kV. Spadá do maloodběratelského odběru s distribuční sazbou C03d.

Provozovatel Krytého plaveckého bazénu Mělník, pro potřeby této práce, poskytl kopie faktur za elektrickou a tepelnou energii, za roky 2012, 2013, 2014. Spotřeba elektřiny s měsíčním vyúčtováním za jednotlivé roky je uvedena v Tabulka 6.1.

Tabulka 6.1 Spotřeba elektrické energie na KPB

rok	2012	2013	2014	PRŮMĚR	2012	2013	2014
měsíc	spotřeba [MWh]				cena bez DPH [Kč]		
1	9,40	9,03	9,47	9,30	36 603	37 713	38 366
2	9,05	8,26	8,70	8,67	36 319	35 065	35 251
3	9,61	9,79	9,11	9,51	38 600	40 337	36 912
4	8,61	8,96	8,61	8,72	35 222	37 461	34 862
5	8,83	8,69	8,62	8,72	35 978	36 560	34 927
6	2,48	3,78	3,83	3,36	14 635	19 608	15 495
7	2,26	2,47	3,42	2,72	13 903	15 068	13 859
8	2,53	2,24	3,89	2,89	14 827	14 277	15 742
9	5,83	6,01	5,92	5,92	25 904	27 280	23 972
10	9,67	9,39	9,43	9,50	38 795	38 963	38 179
11	9,10	9,98	10,87	9,98	36 884	40 997	44 015
12	8,02	7,44	9,29	8,25	32 816	31 278	37 625
celkem	85,41	86,03	91,16	87,53	360 486	374 607	369 206



Graf 6.1 Spotřeba elektrické energie na KPB

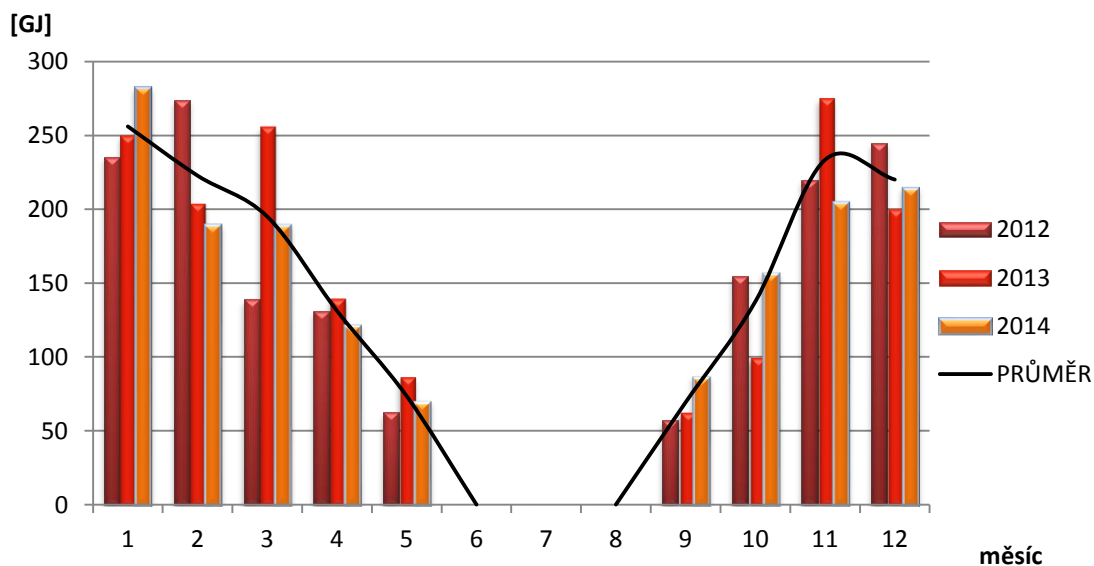
## 6.2 Spotřeba tepla

Krytý plavecký bazén je napojen na horkovod z elektrárny Mělník. Horká voda je odebírána přímo z primárního vedení horkovodu. Ve strojovně plaveckého bazénu je umístěna vlastní výměňková stanice, která je napojena na technologii úpravy vody a regulována automatickým průmyslovým řídicím systémem. Ze získaných faktur je

sestavena jednoduchá tabulka a graf znázorňující spotřebu tepelné energie v jednotlivých měsících roku.

Tabulka 6.2 Spotřeba tepelné energie na KPB

rok	2012	2013	2014	PRŮMĚR	PRŮMĚR	2012	2013	2014
měsíc	spotřeba [GJ]			[MWh]		cena bez DPH [Kč]		
1	235	250	283	256	71	77 371	84 635	98 980
2	274	204	190	223	62	90 058	69 062	66 605
3	139	256	190	195	54	45 686	86 666	66 535
4	131	140	123	131	36	43 057	47 395	42 875
5	63	87	71	73	20	20 575	87 000	24 710
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	57	63	87	69	19	18 866	17 375	30 590
10	155	100	158	138	38	50 945	27 580	55 125
11	220	275	206	234	65	72 309	75 845	71 925
12	245	200	215	220	61	57 575	67 810	75 250
celkem	1 519	1 575	1 522	1 539	427	476 442	563 368	532 595



Graf 6.2 Spotřeba tepelné energie na KPB

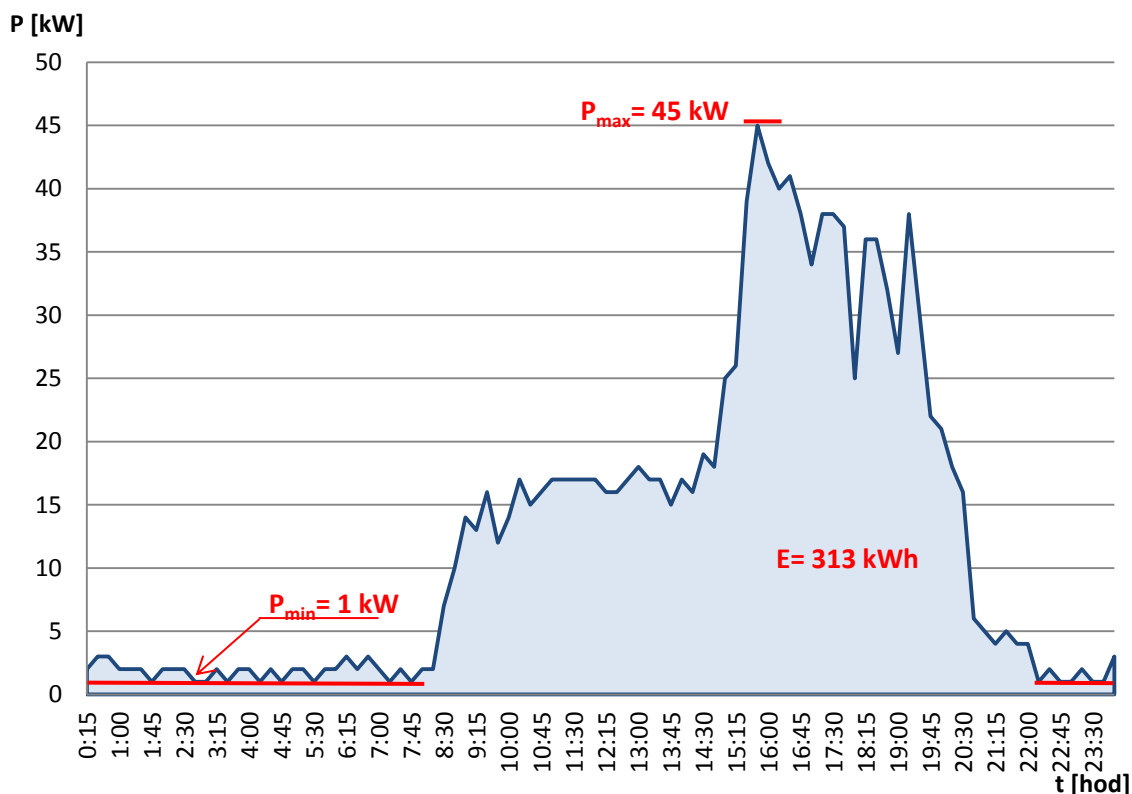
### 6.3 Zhodnocení spotřeby energie

Krytý plavecký bazén (KPB) Mělník je v provozu přibližně od začátku září do konce května. V období červen, červenec a srpen je letní odstávka a funguje sousední areál

letního koupaliště, který spadá pod stejného provozovatele. Z grafu je vidět, že i v době odstávky je značná spotřeba elektrické energie. Je to způsobeno, že mezi oběma areály je propojovací kabel a část drobné technologie LK je možné napojit na elektrický rozvod plaveckého bazénu pro odlehčení zatížení hlavního jističe na LK. Tato propojka by se dala využít k rozvodu elektrické energie do areálu letního koupaliště a tím si zlepšit ekonomiku projektu instalování kogenerační jednotky. V případě provozu kogenerační jednotky i v letních měsících v době odstávky, krytého plaveckého bazénu by se muselo vyřešit chlazení kogenerační jednotky. Toto teplo by se mohlo využívat na letním koupališti k dohřívání bazénu a tím zatraktivnit provoz LK i v chladnějším období léta. Vyžadovalo by to vybudování teplovodu z plaveckého bazénu do místa technologie letního koupaliště.

#### **6.4 Denní diagram spotřeby**

Na grafu (Graf 6.3) je sestaven denní diagram spotřeby KPB pro den 13. 12. 2014 z ¼ hodinových průměrných hodnot zatížení získaných z elektroměru objektu. Tímto způsobem byly sestaveny diagramy spotřeby pro dny, v kterých se dá předpokládat odlišnost diagramů, jako jsou soboty, neděle, pracovní dny v hlavní a vedlejší sezóně. Všechny tyto diagramy jsou si velice podobné svým průběhem. Provoz na KPB je téměř totožný ať se jedná o pracovní dny či víkendy, což potvrdil i provozovatel KPB. Dokonce jsou téměř totožné pro období hlavní a vedlejší sezóny. V období vedlejší sezóny dochází pouze ke kratšímu nahřívání saun, což se projevuje na diagramu rozšíření skokových změn v době přibližně od 16 do 20:30.



Graf 6.3 Denní diagram spotřeby elektrické energie 13.12.2014

Při znalosti technologie KPB Mělník lze v diagramu identifikovat spouštění jednotlivých spotřebičů.

V noci v době od 22 do 8 hod téměř veškerá technologie je vypnutá a na spotřebě se podílí pouze drobné spotřebiče, jako jsou oběhová čerpadla vzduchotechnik, vytápění, drobná slaboproudá zařízení a převážně lednice a mrazáky v technickém zázemí a restauraci, která je součástí KPB. Domnívám se, že skokové změny jsou tvořeny právě spínáním lednic a mrazáků.

Okolo 8 hodiny ranní začíná běžný provoz KPB. Je spuštěno hlavní cirkulační čerpadlo úpravny vody o příkonu 8 kW současně s hlavním vzduchotechnickým zařízením (VZT) pro plaveckou halu na 1 rychlostní stupeň. Toto VZT zařízení je tvořeno přívodním a odtahovým ventilátorem s motory zapojenými ve dvourychlostním přepínání otáček, příkon 4 kW a 2kW na 1 stupeň. S příchodem plavců je spotřeba elektrické energie navyšována nepravidelně vodárnou s frekvenčním měničem, která čerpá užitkovou vodu do sprch, umyvadel a záchodů dle potřeby. V dopoledních



hodinách probíhá plavecká výuka pro školy nebo v době víkendů a svátků jsou dopolední hodiny využívány různými zájmovými skupiny, jako jsou potápěčské kluby, plavání kojenců atd.

Od 15 hod začíná otevírací doba pro veřejnost a spotřeba el. energie se navýší o sepnutí menšího VZT zařízení (4 kW), které slouží převážně pro prostory posilovny, větrání v šatnách a sprchách, podle světelných podmínek je zapínáno osvětlení. V 15:15 hod sepnou saunová kamna pro pánskou a dámskou saunu o příkonu 10,5 a 12,5 kW. Saunová kamna patří mezi největší spotřebiče na KPB a zároveň v porovnání s ostatními významnými spotřebiči, mají skokové změny příkonu v krátkých časových okamžicích. Vytápění saun je ukončeno v 19:45 a postupně dochází k odstavování technologií popsaných výše. Provoz je ukončen ve 21 hod a od 22 hod začíná noční režim popsaný výše.

Popsaný průběh diagramu je totožný bez větších odchylek celý rok a dochází pouze k posunu začátku, konce provozu a výjimečnému omezení provozu jako je na Štědrý den a při mimořádných událostech.

## 6.5 Typový diagram spotřeby

Pro zjednodušení výpočtů, je možné na základě uvedeného diagramu spotřeby (Graf 6.3) sestavit typový diagram spotřeby, který bude pro celou sezónu na KPB, která trvá 240 dní. Metodika je obdobná sestavování typových diagramů dodávky, které slouží k odhadu pravděpodobného časového průběhu spotřeby skupiny konečných zákazníků, jejichž místa jsou vybavena neprůběhovým měřením. Pomocí normalizovaných typových diagramů vydávaných Operátorem trhu s elektřinou, pro jednotlivé distribuční sazby, je možné sestavit pravděpodobný průběh dodávky el. energie dle vzorce: (6.1)

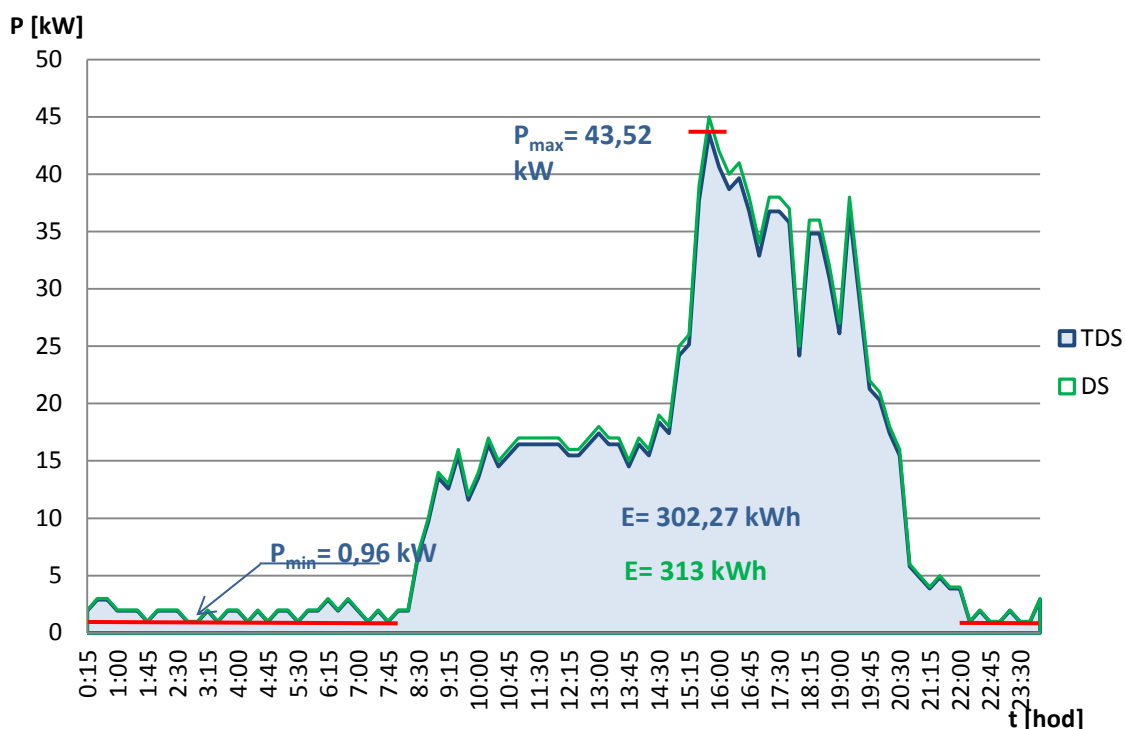
$$E_h = E_R \cdot \frac{r_h}{\sum_{h=1}^{8760} r_h} [kWh]$$

$E_R$  roční spotřeba zákazníka [kWh]

$E_h$  spotřeba zákazníka v danou hodinu dle normalizovaných hodnot [kWh]

$r_h$  hodnota normalizovaného diagramu [ - ]

Celková spotřeba elektrické energie pro sestavení typového diagramu je vypočtena jako průměrná hodnota ze spotřeby el. energie za roky 2012, 2013, 2014 (Tabulka 6.1) očištěná o dobu odstávky. Průměrná celková spotřeba el. energie za 240 dní je  $E_r=72,65$  MWh. Na grafu (Graf 6.4) modrá křivka je typový denní průběh spotřeby el. energie. Zelená křivka je původní denní diagram spotřeby.



Graf 6.4 Typový diagram spotřeby elektrické energie

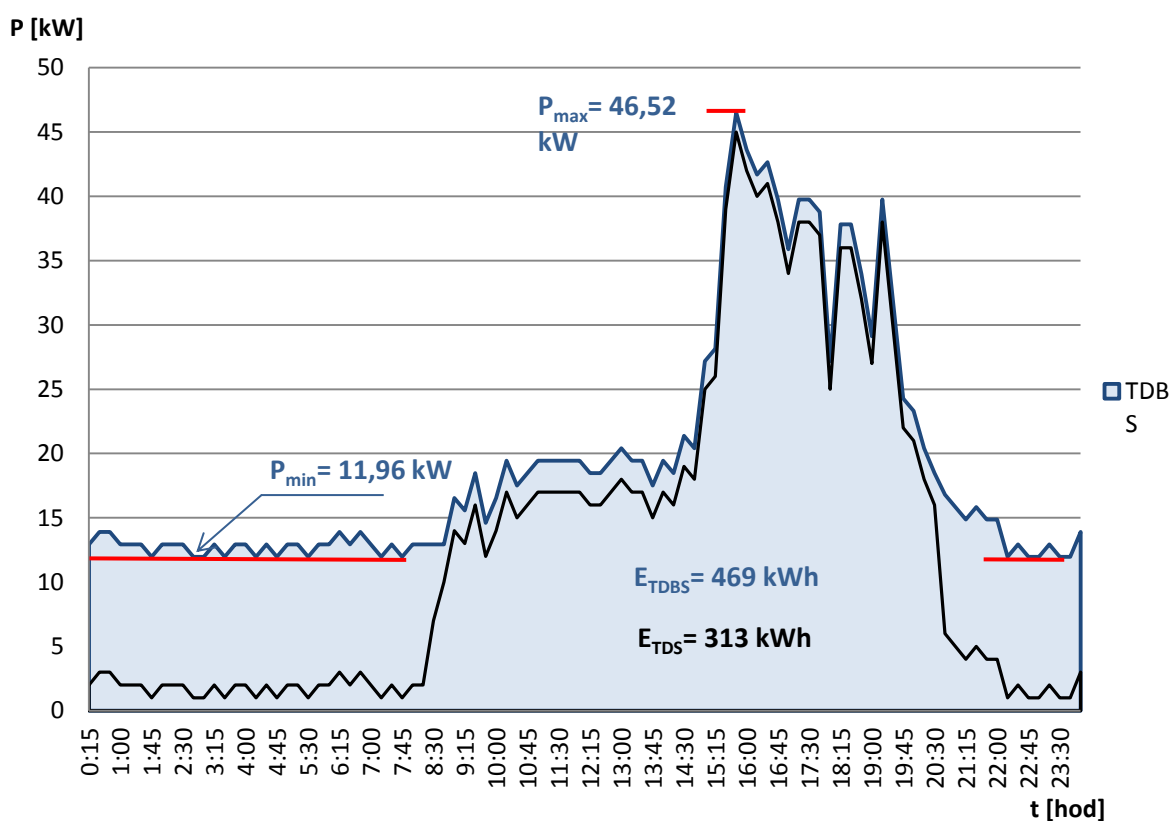
## 6.6 Předpokládaná spotřeba elektrické energie v budoucnu

Dle provozovatele KPB se předpokládá, že už příští zimní sezónu (2015/2016) na KPB dojde ke zvýšeným požadavkům na odběr elektrické energie technologií úpravy bazénové vody. V platnost vstoupila nové předpisy, nařizující pro veřejné bazény nepřetržitý provoz úpravy vody, bez možnosti odstavení v nočních hodinách. Dále vyhláška nařizuje maximální obsah vázaného chlóru v bazénové vodě (0,3 mg/l), který se používá pro dezinfekci. Pro splnění této vyhlášky byla stávající technologie úpravy vody doplněna o dezinfekci vody pomocí UV záření, která snižuje hladinu volného chlóru. Příkon lampy produkující UV záření a příslušenství byl při zkušebním provozu a dle štítkových údajů zjištěn na 3 kW, není zahrnuto v grafu roční spotřeby el. energie (Graf

6.1), protože doposud technologie nebyla používána. Technologie UV lampy vyžaduje nepřetržitý provoz, protože vypínání značně zkracuje živostnost.

Pro instalaci a spuštění navrhované KJ bude nutné splnit požadavky příslušných zákonu a vyhlášek (viz. kapitola 4), což už bude zvýšená spotřeba elektrické energie oproti současnosti. Pro návrh variant KJ je uvažován budoucí nárůst energie.

Typový denní diagram budoucí spotřeby (TDBS) el. energie (Graf 6.5) byl zkonstruován dle předpokládaného vývoje spotřeby popsaného výše ze současného typového diagramu (TDS). V nočních hodinách byl potřebný příkon KPB navýšen o 11kW (8 kW čerpadlo + 3 kW UV lampa). V denních hodinách o 3kW příkon UV lampy.



Graf 6.5 Denní typový diagram budoucí spotřeby elektrické energie

Vypočteme-li plochu pod křivkou průběhu budoucí spotřeby elektrické energie dle rovnice (2.9), dostaneme budoucí hodnotu denní potřebné elektrické práce  $E_{TDBS} = 469$  kWh pro provoz KPB. Při předpokladu průběhu TDBS po dobu sezóny 240 dní bude potřebná budoucí dodávka el. energie: (6.1)

$$E_{C,B} = 240 \cdot 469 = 112\,560 \text{ kWh} = 112,56 \text{ MWh}$$

## 7 Návrh variant zásobování teplem a elektřinou pomocí kogenerace

Návrh KJ neboli tzv. technicko-ekonomická studie proveditelnosti musí stanovit jednak potřebné výkonové parametry, které se stanoví analýzou spotřeby elektrické, tepelné energie v objektu a predikci jejich vývoje viz. (kap. 0). Dále provést analýzu vstupů (cena paliva, mzdové náklady, míra rizika), analýzu výrobního zařízení (výkonové parametry, výše výrobních nákladů, spolehlivost, nároky na prostor), finanční analýzu, analýzu rizika atd. Důležité je taky vycházet z preferencí investora a požadavků na zařízení. Pro návrh by měl investor uvést očekávané parametry, jako jsou:

- Hodnotící doba projektu
- Způsob financování
- Životnost zařízení
- Náročnost obsluhy a servisu
- Prostorové možnosti v místě instalace
- Hlukové limity
- Emisní limity
- Spolehlivost

Uvedené parametry budou rozdílné pro nasazení KJ v průmyslových podnicích, v teplárnách pro centrální zásobování teplem, sportovních zařízení, v bytových a rodinných domech.

V podniku s průmyslovou výrobou náročnou na spotřebu elektrické a tepelné energie bude konstantní zatížení nezávislé na ročním období. Bude vyžadována vysoká životnost zařízení a spolehlivost.

Na KJ jednotku instalovanou do bytového domu bude kladen požadavek na tichý a plně automatický provoz nevyžadující obsluhu. Jednotka bude instalována v místě s hustou zástavbou vyžadující minimální emise. Prostor pro instalaci jednotky bude omezen a provozní doba bude závislá na ročním období, oproti nasazení jednotky v průmyslovém podniku.

## 7.1 Zadání požadavků

Projekt návrhu kogeneračního zařízení pro plavecký bazén Mělník je navržen dle dílčích požadavků provozovatele tohoto zařízení, s kterým byl konzultován.

Je požadováno navrhnutí několika variant. Návrh by měl porovnat výhodnost projektu pro různě velké počáteční investice a pro tyto varianty stanovit, jak je ovlivňován ekonomický výsledek projektu změnou vstupních parametrů, kterými jsou cena zemního plynu, změna vyplácení finanční podpory za elektřinu vyrobenou v KVET. Stanovit možná rizika, pro která by se projekt stal ztrátovým. Navrhnout variantu pro očekávané navýšení spotřeby elektrické energie, které bude způsobeno nepřetržitým provozem úpravní vody a technologií na dezinfekce vody pomocí UV záření. Očekávané navýšení je popsáno v kapitole (kap.6.6).

Doba porovnání projektu je požadována 10 let, jelikož se předpokládá, že na delší dobu nebude možné zajistit smluvní vztah mezi majitelem a provozovatelem bazénu jakož i k fyzickému opotřebení bazénové technologie.

Pro vybrané varianty navrhnout způsob částečného financování pomocí úvěru v poměru 1:1 (cizí:vlastní kapitál).

Prostorové možnosti jsou v místě dostatečné. Pokud se bude jednat o malou jednotku je možné jí umístit přímo do strojovny plaveckého bazénu. Pokud nebude prostorová rezerva dostatečná, lze jednotku umístit do přilehlé budovy, která dříve sloužila jako kotelna na plyn a LTO. Veškerá stará technologie plynové kotelny je demontována a dle předběžného odhadu umístění jednotky v této kotelně by mělo za následek nepatrné navýšení investičních nákladů.

Požadavek investora je automatický provoz bez nutnosti stálé obsluhy a s možností vzdálené správy a monitoringu.

Prostor KPB není umístěn v hustě zastavěné oblasti, která by vyžadovala přísnější emisní limity.

## 7.2 Výběr optimální KJ splňující požadavky

Na světě je mnoho výrobců nabízející zařízení pro KVET s širokou škálou výkonových řad a rozdílných technologií. Pro výběr optimální KJ jsem se omezil pouze na ty výrobce, kteří jsou zastoupeni na našem trhu a splňují požadavky projektu. Důležité pro výběr optimální KJ nejsou jenom pořizovací cena a parametry KJ, ale také dostupnost záručního a pozáručního servisu a rychlé dodání náhradních dílů na našem území.

Hlavním českým výrobcem kogeneračních jednotek je firma Tedom s mnohaletou zkušeností. Firma patří k předním evropským výrobcům a nabízí širokou škálu výkonů. Významným zahraničním výrobcem působícím na našem trhu je firma Motorgas, která má v České republice mnoho úspěšných instalací a zajišťuje servis a rychlou dodávku náhradních dílů. Uvedení výrobci se specializují převážně na jednotky se spalovacím motorem. Pro srovnání ještě uvádím KJ se spalovacím motorem výrobce EC Power se zastoupením na našem území.

Jako zástupce KJ se Stirlingovým motorem (Kap. 2.4.2.3) uvádím parametry jednotky Stirling Energy C9G. Jedná se o zahraničního výrobce, který se snaží prosadit svůj výrobek na našem trhu, dosud má za sebou pouze několik instalací.

Výkonové požadavky plaveckého bazénu splňují i KJ jednotky s mikroturbínou od americké firmy Capstone, která má na našem území několik instalací, ale zde v této práci se KJ s mikroturbínou (Kap. 2.4.2.2) nebudu zabývat, protože nesplňuje požadavky plaveckého bazénu na krátkou dobu hodnocení projektu. Jednotky s mikroturbínou vyžadují velkou počáteční investici v porovnání s jednotkou se spalovacím motorem a pro zhodnocení finančních prostředků je třeba dlouhá doba porovnání s vysokým ročním využitím instalovaného výkonu. Své uplatnění najdou spíše v průmyslových podnicích a teplárnách pro centrální zásobování teplem s celoročním nasazením.

Další uváděnou mikrokogenerační technologií (Kap. 2.4.1) byly palivové články. Začátkem roku 2014 navázala firma Vessmann, zabývající se tepelnou technikou, spolupráci s Japonským výrobcem Panasonic a na německém trhu uvedli palivový článek na zemní plyn Vitovalor 300-P určený pro jednu až dvě domácnosti. Elektrický výkon zařízení je pouhých 750 W s cenou modulu jednotky přibližně 800 tis. Kč. Pro účely

návrhu KJ na KPB je tato varianta nevhodná a technologii palivových článků nebudu dále uvažovat.

Parametry vybraných jednotek jsou uspořádány do následující tabulky.

Tabulka 7.1 Parametry vybraných KJ

Výrobce	Tedom Micro T7	Tedom Micro T30	Tedom Micro T50	Motorgas M3C 53	Stirling Energy C9G	EC POWER XRG120
Elektrický výkon [kW]	7	30	48	47,3	9	20
Tepelný výkon [kW]	17,2	61,6	91	75,2	25	40
Elektrická účinnost [%]	27	31,2	32,5	32,8	25	32
Celková účinnost [%]	93,3	95,3	94,1	85,1	96	64
Příkon v palivu [kW]	25,90	96,20	148,00	143,94	35,40	62,5
Cena modulu [tis. Kč]	500	919	1 452	1 743	849	945
Měrné inv. náklady [tis.Kč/kWhE]	71	31	30	37	94	47

Nejlepších parametrů (Tabulka 7.1) dosahují KJ od výrobce Tedom, zároveň mají i nejmenší měrné investiční náklady na modul jednotky. Ta je z uvedených jednotek cenově nejpříznivější a zároveň se jedná o českého výrobce, který nabízí velice dobrý záruční i pozáruční servis. A odborně pomáhá po celou dobu životnosti jednotky.

Kogenerační jednotka T30 není náročná na prostor a bez větších problémů lze umístit do prostor strojovny krytého plaveckého bazénu.



### 7.3 Uvažované varianty

Na základě předběžných propočtů bylo navrženo několik variant, které vyžadují odlišné začlenění do stávajícího topného okruhu. Každá z variant, má jinou výši investičních nákladů a citlivost na změnu ekonomických vstupů a výstupů. Ekonomická analýza efektivnosti těchto variant je provedena v následující kapitole (kap. 8).

#### **Varianta 1:** (7.1)

Instalace jednotky TEDOM T30 s předpokládaným provozem 12,5 hodin denně v době otevírací doby KPB po dobu sezóny tj. 240 dnů. Odpovídá provozní době za rok:

$$T_{pr,rok} = 240 \cdot 12,5 = 3000 \text{ hod/rok}$$

Tato varianta umožní maximální možné čerpání zeleného bonusu (dle Cenového rozhodnutí pro rok 2015) 2 095 Kč za vyrobenou elektrickou MWh.

#### **Varianta 2:** (7.3)

Instalace jednotky TEDOM T30 s provozem 12 hod v době otevírací doby po dobu 240 dnů a nočním provozem 12 hod po dobu 126,6 dnů. Odpovídá provozní době za rok:

$$T_{pr,rok} = 240 \cdot 12 + 126,6 \cdot 12 = 4400 \text{ hod/rok}$$

Varianta s čerpáním zeleného bonusu za podporovanou výrobu (dle Cenového rozhodnutí pro rok 2015) 1 635 Kč/MWh<sub>E</sub>.

#### **Varianta 3:** (7.5)

Instalace jednotek 2 x TEDOM T30 s průměrným provozem každé jednotky 12,5 hod denně po dobu sezóny 240 dnů. Provozní doba obou KJ 3000 hod/rok, odpovídá zelenému bonusu 2 095 Kč/kW<sub>E</sub>.

**Varianta 4:**

(7.6)

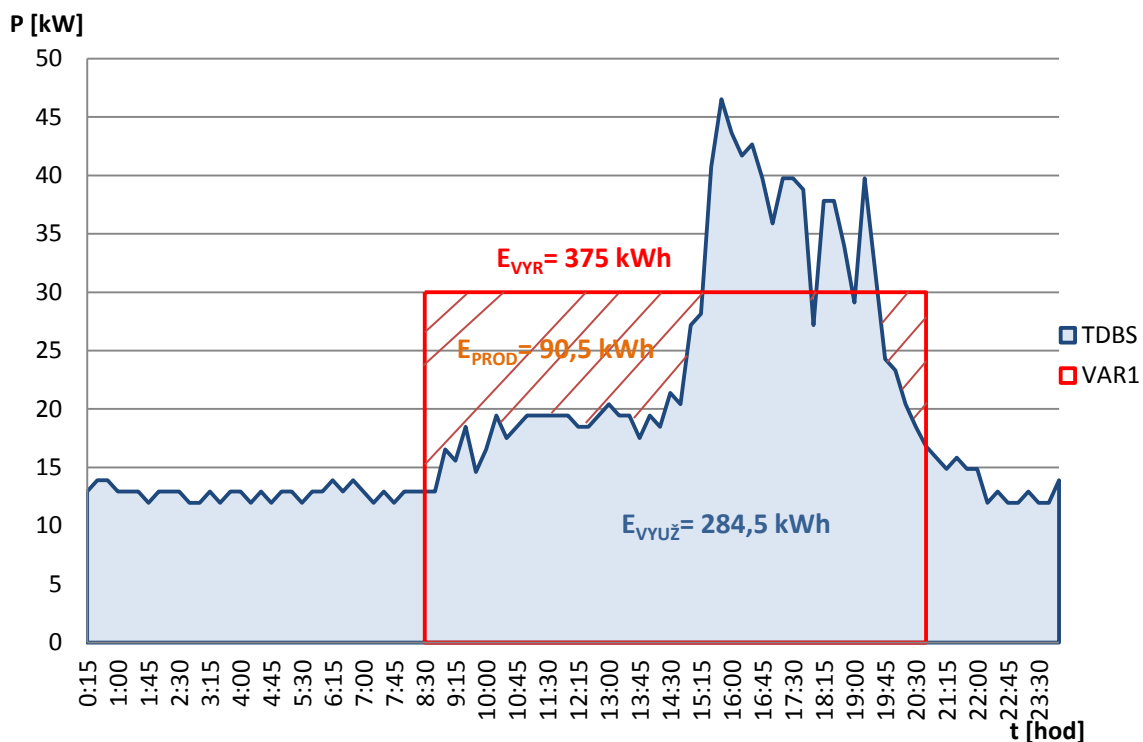
Instalace jednotek TEDOM T30 + T7 s průměrným provozem každé jednotky 12,5 hod denně po dobu sezóny 240 dnů. Provozní doba obou KJ 3000 hod/rok, odpovídá zelenému bonusu 2 095 Kč/kW<sub>E</sub>.

Tabulka 7.2 Vyrobená energie pro navržené varianty

Varianta	1	2	3	4
Provozních hodin [hod/rok]	3 000	4 400	2x 3 000	2x 3 000
Vyrobená el. energie $E_{vyr,r}$ [MWh/rok]	90,00	132	180,00	111
Využitá el. energie $E_{vyu,r}$ [MWh/rok]	68,28	86,47	107,43	89,22
Prodej el. energie $E_{pro,r}$ [MWh/rok]	21,72	45,53	72,57	21,78
Vyrobená tep. Energie $E_{tep,r}$ [MWh/rok]	184,80	271,04	369,60	236,40
Příkon v palivu $E_{pal}$ [MWh/rok]	288,60	423,28	577,20	352,50

U varianty 1 je možné dodávat tepelnou energii přímo do přívodního rozváděče výměňkové stanice. Odběr tepla je několikrát větší, než je výroba tepelné energie z KJ.

U varianty 2-4 pro vyšší využití tepelné energie bude nutné upravit stávající zapojení výměňkové stanice. Nádrž na TUV o objemu 6 500l, která je předimenzována, bude zapojena jako akumulční nádrž KJ a do této nádrže bude instalován trubkový výměňník pro TUV. Z akumulční nádrže bude možné odebírat tepelnou energii dle potřeby nezávisle na chodu jednotky. Jako další akumulční prvek bude využita voda bazénu, která se může nahřívát mimo období se zvýšenou potřebou tepelné energie.



Graf 7.1 Průběh TDBS a  $P_{j,E}$  KJ T30 ve 12,5 hod režimu

Hodnoty vypočtené v tabulce Tabulka 7.2 jsou stanoveny na základě výpočtu plochy průběhu výkonu dle vzorce (2.9) pro jednotlivé varianty a porovnání s průběhem TDBS. Z důvodu velkého počtu hodnot je řešeno v tabulkovém editoru a zde naznačím pouze princip. Na grafu Graf 7.1 pro variantu 1 upravím průběh TDBS na maximální hodnotu výkonu odpovídající jmenovitému výkonu KJ (30 kW) a spočítám plochu, pomocí integrace v provozní době KJ (tj. od 8:30 do 20:45). Vypočtená plocha odpovídá  $E_{využ} = 284,5$  kWh. Prodanou elektřinu do sítě za jeden den vypočtu dle:

(7.7)

$$E_{PROD} = E_{VYR} - E_{VYUŽ} = 375 - 284,5 = 90,5 \text{ kWh}$$

Poté:

(7.8)

$$E_{pro,r} = T_{pr1,rok} \cdot E_{PROD} = 90,5 \cdot 240 = 21\,720 \text{ kWh}$$

Odpovídá hodnotě uvedené v tabulce Tabulka 7.2.

Obdobným způsobem se postupuje i pro ostatní varianty.





## 8 Výpočet ekonomické efektivity a výběr optimální varianty

### 8.1 Základní vstupní údaje

Pro zhodnocení projektu bylo důležité určit životnost KJ. Podle údajů výrobce a dle podobných instalací se pohybuje s vysokou spolehlivostí 30tis. provozních hodin. Do 50tis. provozních hodin je nutné udělat generální opravu. Požadavek investora je doba hodnocení 10 let, což odpovídá navrženým variantám 1-4 popsáných v kapitole 7.3. U variant (1,3,4) je provozní doba za 10 let plánována na 30 000 hod u varianty (2) na 44 000 hod.

Dále byly zjištěny ceny vstupů do hodnotící funkce a jejich předpokládaný vývoj (Tabulka 8.1). Zelený bonus za podporovanou výrobu energie (POZE) je dle Cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu pro rok 2015 uveden v tabulce Tabulka 8.1 pro příslušný roční provozní režim. Bohužel, není stanovena žádná garance na změnu této podpory, jako tomu bylo například u fotovoltaických elektráren, garantováno na 20 let. Je možné předpokládat, že dle „Národního akčního plánu“ pro energii z obnovitelných zdrojů (OZE), který stanovuje cíle na podíl vyrobené energie z OZE do roku 2020, tato podpora bude přetrvávat. Dle výše této podpory za poslední 3 roky uvedených v kapitole 5.1 a vývoji v tomto odvětví nepočítám s růstem této podpory.

Prodej elektřiny do distribuční sítě uvažuji dle informací uvedených v kapitole 5.2 0,5Kč/kW a z důvodu malého zájmu obchodníků o elektřinu z takto malých výroben a aktuální situace na trhu se silovou elektřinou její nárůst.

Cena neodebrané elektřiny vychází z faktur KPB za rok 2014 a porovnáním s aktuálním ceníkem pro rok 2015 dodavatele energie Amper Marke a.s. Pro hodnocení projektu uvažuji nárůst cen el. energie meziročně o 2%. Vycházím z předpokladu, že přenosová a distribuční soustava České republiky je zastaralá a bude se muset investovat do její rekonstrukce, která se promítne do cen el. energie konečným spotřebitelům. Domnívám se, že cena silové elektřiny na trhu s elektřinou je na svém minimu a z dlouhodobého hlediska se bude zvyšovat.

Tepelná energie je stanovena dle ceníku ČEZ pro rok 2015 a z dlouhodobého hlediska se cena meziročně navyšuje. Dle faktur za tepelnou energii za předchozích 10 let jsem zaokrouhlil na 2%.

Servis na KJ je stanoven dle údajů výrobce měrným nákladem za vyrobenou elektrickou energii. Servis obsahuje výměnou provozních kapalin a spotřebních dílů, případný roční přebytek je ponecháván jako rezerva na budoucí neočekávané opravy.

Cena zemního plynu je dle ceníku RWE pro příslušný roční odběr ve standartní sazbě. Očekávaný meziroční růst je 2% z dlouhodobého odhadu. Na cenu zemního plynu bude provedena citlivostní analýza. Regulované platby jsou stanoveny Energetickým regulačním úřadem a dle Cenového rozhodnutí pro rok 2015 je možné u výroby do instalovaného výkonu 30kW<sub>E</sub> včetně čerpat slevu z těchto plateb, která je uvedena v tabulce 8.1.

Tabulka 8.1 Vstupní údaje do hodnotící funkce

Varianta	1	2	3	4	
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7	Meziroční nárůst
Zelený bonus pro 2015 C <sub>ZE</sub> [Kč/MWh <sub>E</sub> ]	2,095	1,635	2,095	2,095	0%
Prodej elektřiny síť C <sub>pro,sít</sub> [Kč/kWh <sub>E</sub> ]	0,5				0%
Neodebraná elektřina C <sub>sít</sub> [Kč/kWh <sub>E</sub> ]	4,108				2%
Tepelná energie C <sub>tep,sít</sub> [Kč/kWh]	1,26				2%
Servis KJ C <sub>ser</sub> [Kč/kW <sub>E</sub> ]	0,5				2%
Zemní plyn C <sub>plyn</sub> [Kč/kWh <sub>e</sub> ]	1,1				2%
Regulov. platby za spotřebovanu el. C <sub>reg</sub> [Kč/kWh <sub>E</sub> ]	0,5692	0,5692	0,6349	0,6349	2%

## 8.2 Investiční náklady

Jednotlivé položky investičních nákladů jsou uvedeny v tabulce Tabulka 8.2 Investiční náklady jednotlivých variant. V rámci přípravy podkladů pro diplomovou práci jsem spolupracoval s firmou OnSite Power, která se zabývá instalací a provozem KJ. S obchodním zástupcem této firmy jsem konzultoval ocenění jednotlivých položek související s instalací KJ. Určení skutečné výše těchto nákladů v této fázi (projekt není náplní této práce a bude řešen dodavatelsky) se může lišit, proto je uvedena citlivostní analýza na výši těchto nákladů.

Tabulka 8.2 Investiční náklady jednotlivých variant

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
Cena [tis. Kč]				
Projekt, administrace, revize	120	120	135	135
Modul(y) KJ	919	919	1 838	1 419
Obnova plynové přípojky	180	180	180	180
Stavební úpravy vč. spalinové cesty	70	70	100	100
Instalace KJ včetně zapojení a armatur	120	120	180	160
Úprava akumulární nádrže vč. příslušenství	-	80	80	80
<b>Investiční náklady celkem</b>	<b>1 409</b>	<b>1 489</b>	<b>2 513</b>	<b>2 074</b>

## 8.3 Roční provozní náklady

Roční náklady na administraci jsou odhadnuty a je počítáno s 2% ročním inflačním růstem dle výhledu České národní banky. Případná nepřesnost v řádů 10% nemá celkový výrazný vliv na investici. Pojištění KJ je vypočteno jako 2% z pořizovací ceny modulu KJ, meziročně je uvažováno s 10% snižováním této částky, které je dáno opotřebením KJ.



Ostatní roční provozní náklady v tabulce Tabulka 8.3 jsou vypočteny ze vstupních údajů uvedených v tabulce Tabulka 8.1 a roční vyrobené energie uvedené v tabulce Tabulka 7.2. (8.1)

$$N_{pal,1} = C_{plyn,1} \cdot E_{pal,1} = 1,1 \cdot 288,6 = 317,5 \text{ tis. Kč}$$

Pro ostatní varianty je výpočet obdobný.

Tabulka 8.3 Roční provozní náklady

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
	[tis. Kč]			
Palivové náklady $N_{pal}$	317,5	465,6	634,9	387,8
Seris + rezerva na servis $N_{ser}$	45,0	66,0	90,0	55,5
Administrace, výkaznictví $N_{adm}$	10,0	10,0	10,0	10,0
Pojištění $N_{poj}$	18,4	18,4	36,8	28,4
Regulov. platby za spotřebovanu el. $N_{reg}$	38,9	49,2	68,2	56,6
<b>Provozní náklady celkem</b>	<b>430</b>	<b>609</b>	<b>840</b>	<b>538</b>

## 8.4 Financování a průběh splácení

Tabulka 8.4 je sestavena podle požadavků investora, který měl požadavek financovat každou variantu s 50 % úvěrem. Úroková míra úvěru byla stanovena investorem dle dřívějších půjček, které čerpal. Zvolen byl úvěr s konstantní splátkou po celou dobu trvání úvěru. Výše roční splátky placené na konci splatného období se určí dle vztahu:

(8.2)

$$R = P \cdot q^n \cdot \frac{q - 1}{q^n - 1} [Kč]$$

Pro výpočet diskontní míry lze použít vztah z CAPM modelu uvedený v kapitole 3.3. Při použití metody se nejčastěji volí hodnota  $r_f$  bezrizikový výnos státní dluhopisu dle uvažovaného období. Jelikož výnos kapitálového trhu (Index PX) je za posledních několik let záporný, rozhodl jsem se náklady na vlastní kapitál  $N_{VK}$  zvolit právě výnos 5 letého státního dluhopisu 5,5% [8].

Tabulka 8.4 Financování projektu

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
Vlastní kapitál [Kč]	704,5	744,5	1256,5	1037
Výše úvěru [Kč]	704,5	744,5	1256,5	1037
Investice [Kč]	1 409,0	1 489,0	2 513,0	2 074,0
Roční splátka úveru [Kč/r]	171,8	181,6	306,4	252,9
Diskontní sazba $r$ [%/r]	5,58			
Úrok úvěru $i$ [%/r]	7			
Zásobitel $q$ [-]	1,07			
Daň z příjmu $d$ [%/r]	0,19			
Splatnost úvěru $n$ [r]	5			

Jelikož jsou úroky z úvěru daňově uznatelné, snižují zisk před zdaněním. Náklady na cizí kapitál se určí: (8.3)

$$N_d = i \cdot (1 - d) = 0,07 \cdot (1 - 0,19) = 5,67\%$$

Metodou WACC uvedenou v kapitole 3.4 lze průměrné vážené náklady na kapitál přirovnat diskontní míře, kde: (8.4)

$$i(WACC) = N_d \cdot \frac{CK}{K} + N_{VK} \cdot \frac{VK}{K} = 0,055 \cdot 0,5 + 0,0567 \cdot 0,5 = 5,58\%$$

Uvedený diskont byl odsouhlasen investorem pro hodnocení investice.

## 8.5 Odpisy

V kapitole 3.6 byl popsán význam odpisů a jejich výpočet. Pro hodnocení projektu jsou zvoleny daňové odpisy, které jsou daňově uznatelným nákladem, čímž jejich použití je vhodnější pro hodnocení investice. Kogenerační jednotka a příslušenství tvoří soubor věcí movitých zařazených do druhé odpisové skupiny s dobou odepisování 5 let. Je zvolen lineárním způsob odepisováním, pro první rok se stanoví podle vzorce: (8.5)

$$N_{odp,1} = K_i \cdot 0,11 \text{ [Kč]}$$

Pro 2-5 rok: (8.6)

$$N_{odp,2-5} = K_i \cdot 0,2225 [K\check{c}]$$

Tabulka 8.5 Odepisování variant

Varianta	1	2	3	4
	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
Rok	Odpis [tis. Kč]			
1	154,99	163,79	276,43	228,14
2	313,50	331,30	559,14	461,47
3	313,50	331,30	559,14	461,47
4	313,50	331,30	559,14	461,47
5	313,50	331,30	559,14	461,47
<b>Celkem</b>	<b>1409</b>	<b>1489</b>	<b>2513</b>	<b>2074</b>

## 8.6 Roční provozní výnosy

Roční provozní výnos se vypočte: (8.7)

$$T_{ZE,1} = E_{vyr,1} \cdot C_{ZE,1} = 90 \cdot 2,095 = 188,6 \text{ tis. Kč}$$

(8.8)

$$T_{PRO,1} = E_{PRO,1} \cdot C_{PRO,1} = 21,8 \cdot 0,5 = 10,9 \text{ tis. Kč}$$

Obdobným způsobem pro zbylé varianty.

Tabulka 8.6 Roční provozní výnosy

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
	[tis. Kč]			
Tržba zelený bonus $T_{ZE}$	188,6	215,8	377,1	232,5
Prodej elektřiny síť $T_{pro,sít}$	10,9	22,8	36,3	10,9
Neodebraná elektřina $T_{sít}$	280,5	355,2	441,3	366,5
Neodebrané teplo $T_{tep,sít}$	232,8	341,5	465,7	297,9
<b>Celkem</b>	<b>712,8</b>	<b>935,3</b>	<b>1 320,4</b>	<b>907,8</b>

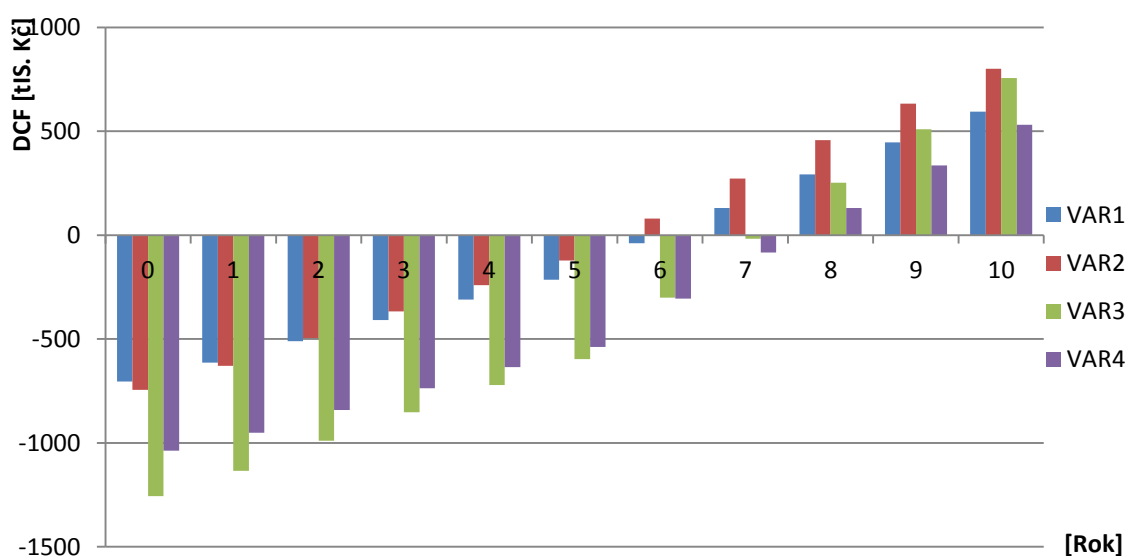
## 8.7 Vyhodnocení variant

Byl proveden výpočet peněžních toků pomocí tabulkového editoru pro jednotlivé roky životnosti investice 0-10 let s předpoklady uvedenými v kapitolách 8.1-8.6. Jednotlivé položky výpočtu s meziročními změnami jsou pro každou variantu uvedeny v příloze A, této diplomové práce. K výpočtu bylo použito metod uvedených v kapitole 3.

Tabulka 8.7 Vyhodnocení ekonomickými ukazateli

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	<b>Tedom T30</b>	Tedom T30+T30	<b>Tedom T30+T7</b>
NPV [tis. Kč]	594,3	<b>801,7</b>	756,8	531,4
IRR [%]	17,67%	<b>20,89%</b>	14,21%	12,97%
Min. zelený bonus [Kč/kWh <sub>E</sub> ]	1,100	<b>0,720</b>	1,400	1,355

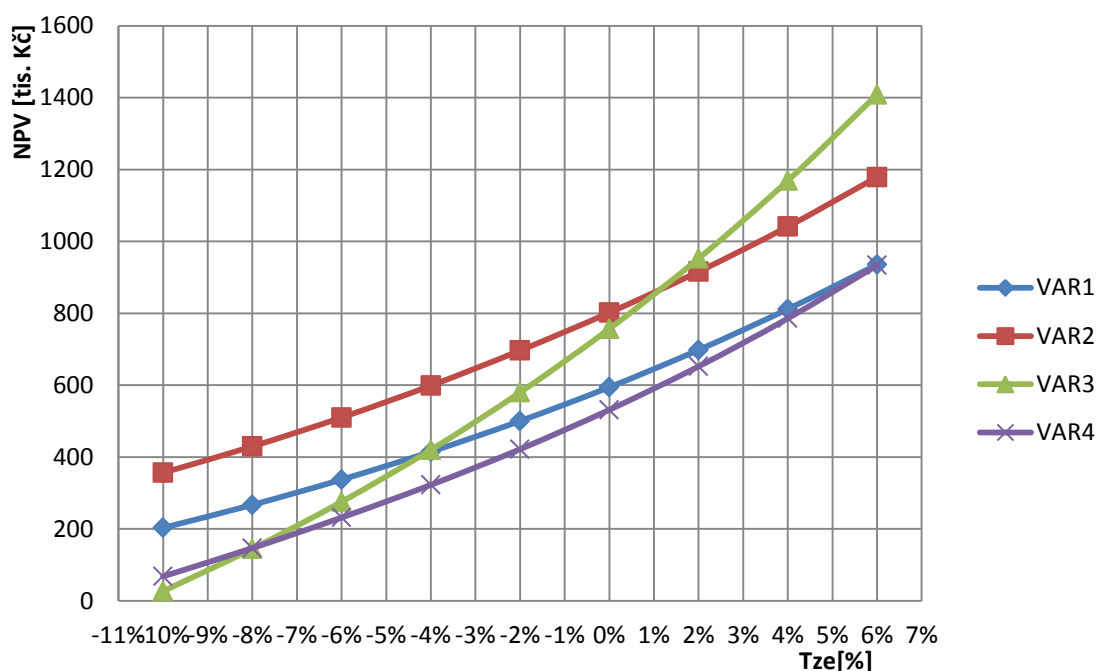
Všechny varianty pro nastavené podmínky mají kladnou čistou současnou hodnotu. Jelikož, je možné realizovat pouze jednu variantu volíme variantu 2 s NPV 801,7 tis Kč. Realizace KJ T30 v režimu provozních hodin 4400 hod/rok. Z grafu Graf 8.1 je patrné, že diskontovaná doba návratnosti je 6 let. Minimální zelený bonus v tabulce 8.7 je podpora ZB, při které je ještě možné investici realizovat. Pokud by u varianty 2 klesla podpora v době realizace na 0,720Kč/kWh<sub>E</sub> je výsledný efekt investice nulový při splnění ostatních předpokladů v kapitole 8.1.



Graf 8.1 Průběh kumulovaných diskontovaných peněžních toků

## 8.8 Citlivostní analýza

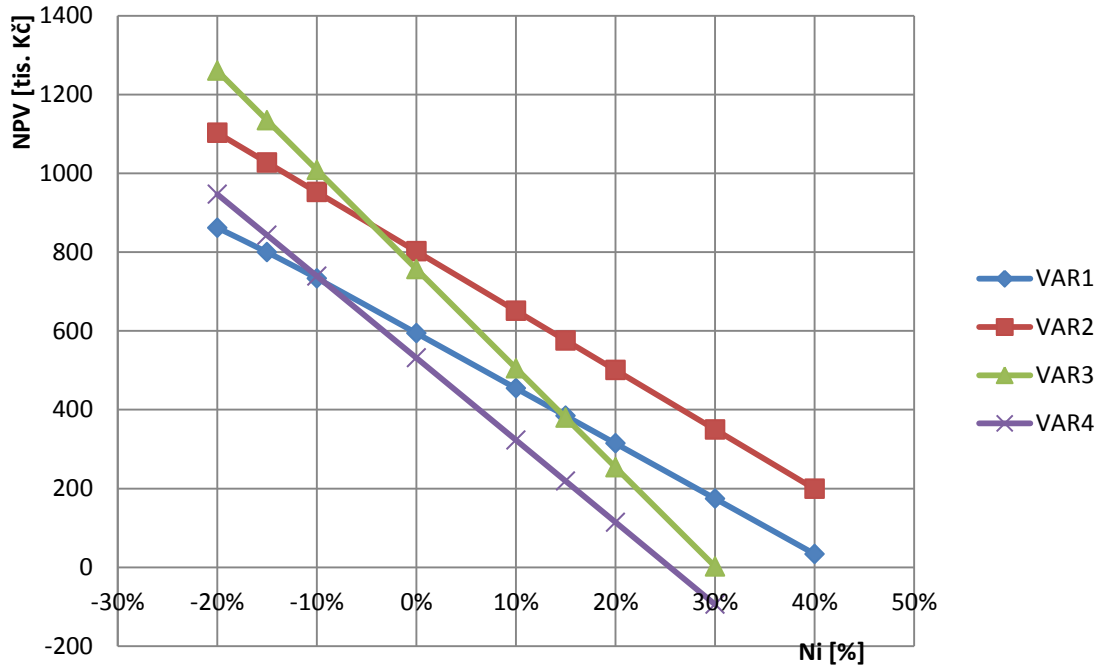
Pro ověření zda se vyplatí investice i pokud se změní podmínky na trhu od predikovaných je zhotovena citlivostní analýza na vybrané parametry, které mohou nejvíce ovlivnit investici. Tyto parametry jsou meziroční procentní změna podpory formou zeleného bonusu, meziroční procentní změna ceny zemního plynu a vliv změny počáteční velikosti investice.



Graf 8.2 Citlivostní analýza na meziroční změnu zeleného bonusu

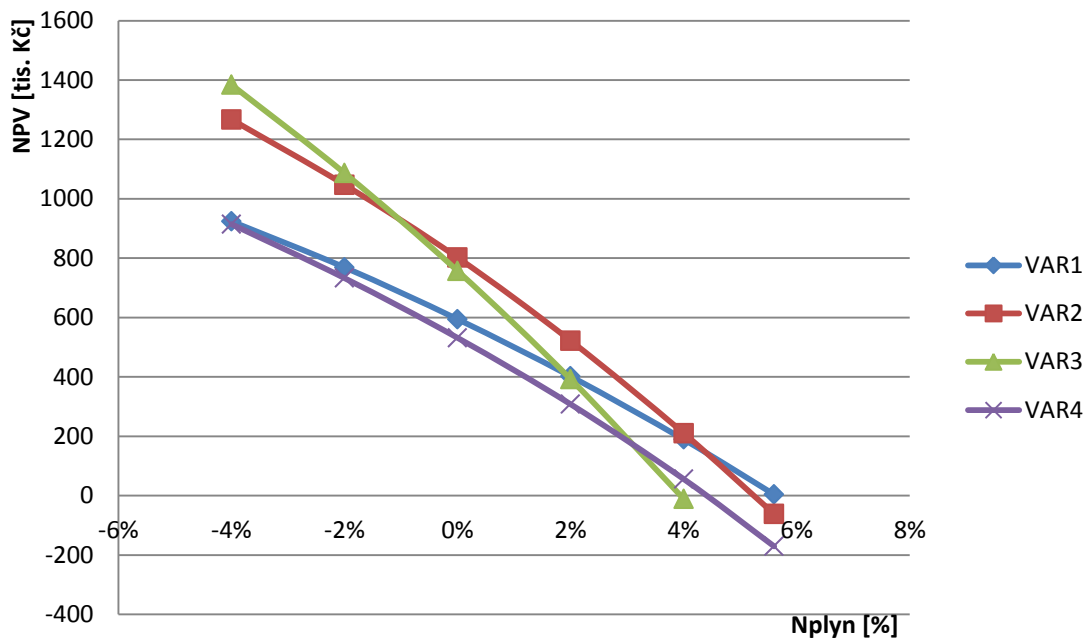
Z grafu Graf 8.2 je patrné, že nejvíce citlivá na změnu ZB je Varianta 3. Při pouhém průměrném meziročním zvýšení podpory o 1% se varianta 3 stává nejvýhodnější. Navyšování ZB se nedá předpokládat. Z citlivostní analýzy na grafu 8.2 lze usoudit, že obdobným způsobem by se stala varianta 3 zajímavá, pokud by se změnili podmínky na trhu se silovou elektřinou a zvyšovala se výkupní cena. V horizontu 10 let se domnívám, že se také nedá předpokládat.

Preferovaná varianta 2 má kladný přínos pro investora i s meziročním poklesem ZB o více než 10%.



Graf 8.3 Citlivostní analýza na změnu počáteční investice

Nejstřmější je varianta3, která je nejvíce citlivá na změnu počáteční investice. Snížením počáteční investice o 10% se stává varianta3 výhodnější než preferovaná varianta2. U preferované varianty2 nemá prodražení realizace projektu zásadní vliv na vhodnost realizace.



Graf 8.4 Citlivostní analýza změna ceny plynu

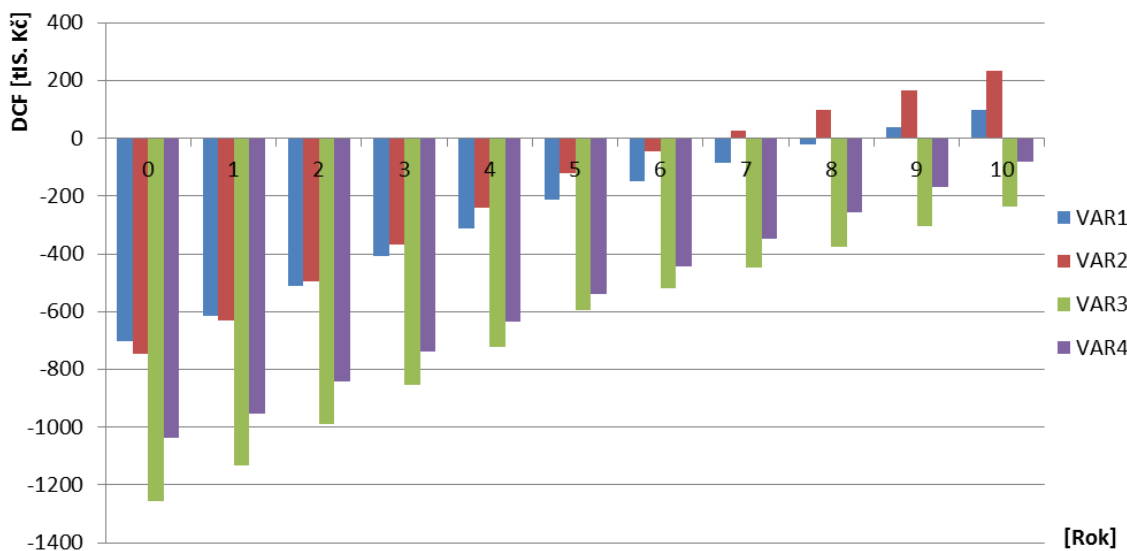
Výhodnost všech variant je velice ovlivňován růstem ceny plynu. Je to způsobeno nízkou cenou tepelné energie z horkovodu v Mělníku oproti jiným lokalitám v ČR. Preferovaná varianta 2 se stane ztrátovou při meziročním procentním růstu cen plyn o 5,6% oproti ostatním energiím. Z principu výpočtu se je patrné, že pokud bude stoupat cena tepelné energie, elektrické energie a zemního plynu meziročně o stejné procento. Výhodnost projektu se bude zvyšovat.

Poslední citlivostní analýza je vytvořena na „stav světa“, kdy se bude projekt vyvíjet podle predikcí v kapitole 8.1, ale pro 6 rok (2021) přestane být podporována KVET a zelený bonus bude zrušen. Pro tento „stav světa“ vycházím z faktu, že splnění cílů „Národního akčního plánu“ je vztahováno k roku 2020 a nedá se usuzovat, jak se podpora POZE bude vyvíjet. Nejspíše by podpora nebyla úplně zrušena, ale zajímalo mě jak se projekt bude chovat bez podpory.

Tabulka 8.8 CA podpora POZE zrušena po 5 letech

Varianta	1	2	3	4
Popis varianty	Tedom T30	Tedom T30	Tedom T30+T30	Tedom T30+T7
NPV [tis. Kč]	98,2	234,0	-235,3	-80,4
IRR [%]	8,47%	12,08%	1,21%	4,03%

Preferovaná varianta 2 se vyplatí realizovat. Varianty 2 a 3 se stanovou ztrátovými a minimalizaci ztrát by se dosahovala snížením výkonu jednotky podle spotřeby elektrické energie. Čímž by se varianta 4 dostala do kladných čísel NPV. Kumulované DCF „stavu světa“ pro jednotlivé varianty je na grafu 8.5.



Graf 8.5 Kumulované DCF pro zrušení zeleného bonusu po 5 letech

## 8.9 Provozování a nákup jednotky specializovanou firmou

Pokud by se provozovatel KPB chtěl vyhnout riziku spojeného s investicí do KJ, je možné si nechat v objektu umístit jednotku včetně veškerého servisu. Specializovaná



firma do objektu nainstaluje zařízení a vyřídí veškerá povolení včetně projektu. Zakoupí a nainstaluje technologie, kterou uvede do provozu. Následně se bude o technologii starat a hradit její provoz a servis. Provozovatel KPB bude odebírat elektřinu za předem sjednanou cenu, která je nižší než z distribuční sítě. Princip je popsán v kapitole 4.2.

Oslovil jsem firmu OnSite Power o vypracování nabídky na instalaci KJ, abych tuto variantu mohl porovnat s varianty navrženými v této práci. Podrobné informace k této nabídce jsou v příloze C.

Nabídka firmy spočívá v instalaci KJ na dobu 10 let, bez možnosti odkupu po skončení této doby. Dle nabídky by provozovateli přinesla tato varianta roční úsporu 41 584 Kč po dobu 10 let. To odpovídá čisté současné hodnotě  $NPV=346$  tis. Kč. Což je sice méně než všechny navrhované varianty, ale je nutné vzít v potaz, že veškerá rizika na sebe přebírá specializovaná firma.

## 8.10 Výběr optimální varianty

Z ekonomické analýzy vyšetřovaných variant vyplývá, že nejvhodnější je realizovat variantu 2. Při zadaném očekávaném vývoji investice dosahuje největšího  $NPV=801$  tis. Kč a zároveň se pomocí citlivostní analýzy prokázalo, že i při meziročních změnách vstupních údajů (cena zemního plynu, výše zeleného bonusu a změně počáteční investice) jim odolává a má kladný ekonomický přínos. Varianta se stává ztrátovou pro meziroční zvýšení plynu oproti tepelné a elektrické energii o 5,6%. Minimální podpora formou zeleného bonusu je pro tuto variantu 0,720 Kč/MWh v době realizace.

## 9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit ucelený přehled o možnostech využití kogenerace a navrhnout možná technicko-ekonomická řešení. Ekonomicky zhodnotit jednotlivé varianty a dát provozovateli návod jak zvolit pro daný provoz jemu nejvhodnější řešení. Zároveň je nastíněna i legislativní a administrativní náročnost instalace a provozování těchto energetických zařízení. Proto je zde zmíněna a posuzována i varianta s možností dodávky kompletního řešení od specializované firmy, která by provozovala jednotku na vlastní náklady a pod vlastní licencí. Provozovatel, by pouze využíval výstupů energie za výhodnějších cen.

Plavecké bazény jsou jedním z nejvhodnějších provozů pro instalaci kogenerační technologie. Přesto k ekonomickému zhodnocení dochází zejména díky značné podpoře výroby elektrické energie formou zelených bonusů. Ekonomické hodnocení investice ukázalo, že bez těchto bonusů by byl projekt ztrátový.

## 10 Zdroje

- [1] IBLER, Zbyněk. Technický průvodce energetika. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 615 s. ISBN 80-730-0026-1.
- [2] TEDOM: KALOGOvé LISTY [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>
- [3] Stirling Energy: KATALOGOVÉ LISTY [online]. [cit. 2013-12-08]. Dostupné z: <http://www.stirlingenergy.cz/>
- [4] Motorgas: KATALOGOVÉ LISTY [online]. [cit. 2013-12-08]. Dostupné z: [www.motorgas.cz](http://www.motorgas.cz)
- [5] ŠUROVSKÝ, Jan. Mikroturbína: [energetická revoluce pro 21. století : malé zdroje elektřiny - velký skok pro lidstvo]. Vyd. 1. Praha: Instalace Praha, 2003. ISBN 978-802-3898-781.
- [6] HABŘINSKÝ, Jindřich a Martin BENEŠ. Management a ekonomika výroby energie. Skriptum 2008
- [7] DVORSKÝ, Emil. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 287 s. ISBN 80-730-0118-7.
- [8] Ministerstvo financí ČR. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.sporicidluhopisycr.cz/cs/o-dluhopisech/urokove-sazby/vanocni-emise-12-12-2013-575>
- [9] DAMODARAN, Aswath. Betas by Sector. Stern School of Business. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- [10] STOXX® Europe 600. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://www.stoxx.com/indices/index\\_information.html?symbol=SXXP](http://www.stoxx.com/indices/index_information.html?symbol=SXXP)

- [11] TEDOM: RUKOVĚŤ ZÁJEMCE O KOGENERAČNÍ JEDNOTKU [online]. [cit. 2014-12-05].  
Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/data/download/914.pdf>
- [12] GGC ENERGY Katalogové listy. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z:  
<http://ggcenergy.cz/>
- [13] Palivový článek: princip. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z:  
<http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/povrchy/metoda/afm>
- [14] EKOWATT: Kogenerace. [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z:  
<http://www.ekowatt.cz/uspory/kogenerace.shtml>
- [15] KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. 3. vyd. Praha: C. H. Beck, 2010, xxxviii,  
811 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-194-9.
- [16] LANDA, Martin. Finanční plánování a likvidita. Vyd. 1. Brno: Computer Press,  
c2007, vi, 180 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-251-1492-6.
- [17] FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů. 1. vyd. Praha:  
Grada, 2011, 408 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.
- [18] VIELSTICH, Wolf, Arnold LAMM a Hubert A GASTEIGER. Handbook of fuel cells:  
fundamentals, technology, and applications. Hoboken, N.J.: Wiley, c2003, 4 v.  
ISBN 04-714-9926-9

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 5.1 Podpora výroby el. energie z KVET spalující zemní plyn .....	42
Tabulka 6.1 Spotřeba elektrické energie na KPB .....	47
Tabulka 6.2 Spotřeba tepelné energie na KPB.....	48
Tabulka 7.1 Parametry vybraných KJ .....	58
Tabulka 7.2 Vyrobená energie pro navržené varianty .....	60
Tabulka 8.1 Vstupní údaje do hodnotící funkce.....	65
Tabulka 8.2 Investiční náklady jednotlivých variant .....	66
Tabulka 8.3 Roční provozní náklady.....	67
Tabulka 8.4 Financování projektu .....	68
Tabulka 8.5 Odepisování variant.....	69
Tabulka 8.6 Roční provozní výnosy .....	69
Tabulka 8.7 Vyhodnocení ekonomickými ukazateli.....	70
Tabulka 8.8 CA podpora POZE zrušena po 5 letech .....	74

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 2.1 Denní diagram spotřeby plaveckého bazénu Mělník dne 12.11.2014 ....	14
Graf 6.1 Spotřeba elektrické energie na KPB .....	47
Graf 6.2 Spotřeba tepelné energie na KPB .....	48
Graf 6.3 Denní diagram spotřeby elektrické energie 13.12.2014.....	50
Graf 6.4 Typový diagram spotřeby elektrické energie.....	52
Graf 6.5 Denní typový diagram budoucí spotřeby elektrické energie .....	53
Graf 7.1 Průběh TDBS a $P_{j,E}$ KJ T30 ve 12,5 hod režimu .....	61
Graf 8.1 Průběh kumulovaných diskontovaných peněžních toků .....	70
Graf 8.2 Citlivostní analýza na meziroční změnu zeleného bonusu .....	71
Graf 8.3 Citlivostní analýza na změnu počáteční investice .....	72
Graf 8.4 Citlivostní analýza změna ceny plynu .....	73
Graf 8.5 Kumulované DCF pro zrušení zeleného bonusu po 5 letech .....	74

## Přílohy

### Příloha A

#### VÝPOČET HOTOVOSTNÍCH TOKŮ PRO JEDNOTLIVÉ VARIANTY

##### VARIANTA 1

Pal. náklady Npal	[tis. Kč]	317,46	323,81	330,29	336,89	343,63	350,50	357,51	364,66	371,95	379,39
Seris Nser	[tis. Kč]	45,00	45,90	46,82	47,75	48,71	49,68	50,68	51,69	52,72	53,78
Admin., výkaznictví Nadm	[tis. Kč]	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Pojištění Npoj	[tis. Kč]	18,38	16,54	14,89	13,40	12,06	10,85	9,77	8,79	7,91	7,12
Nreg	[tis. Kč]	38,87	39,64	40,44	41,25	42,07	42,91	43,77	44,65	45,54	46,45
Provozní náklad celkem	[tis. Kč]	429,71	436,10	442,83	449,90	457,29	464,99	472,99	481,28	489,85	498,70

Tržba zelený bonus TZE	[tis. Kč]	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Prod. el. síť Tpro,síť	[tis. Kč]	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86
Neodebraná elektřina Tsít	[tis. Kč]	280,51	286,12	291,85	297,68	303,64	309,71	315,90	322,22	328,67	335,24
Neodebrané teplo Ttep,síť	[tis. Kč]	232,85	237,50	242,26	247,10	252,04	257,08	262,22	267,47	272,82	278,27
Provozní výnosy celkem	[tis. Kč]	712,77	723,04	733,51	744,19	755,09	766,20	777,54	789,10	800,89	812,92

VARIANTA 1		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investiční výdaje	[tis. Kč]	704,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odpisy	[tis. Kč]	0,00	154,99	313,50	313,50	313,50	313,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Provozní náklady	[tis. Kč]	0,00	429,71	436,10	442,83	449,90	457,29	464,99	472,99	481,28	489,85	498,70
Provozní výnosy	[tis. Kč]	0,00	712,77	723,04	733,51	744,19	755,09	766,20	777,54	789,10	800,89	812,92
Provozní zisk	[tis. Kč]	0,00	128,07	-26,56	-22,83	-19,22	-15,71	301,21	304,55	307,82	311,04	314,23
Daň	[tis. Kč]	0,00	14,96	0,00	0,00	0,00	0,00	57,23	57,86	58,49	59,10	59,70
Úrok	[tis. Kč]	0,00	49,32	40,74	31,56	21,75	11,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Úmor	[tis. Kč]	0,00	122,51	131,08	140,26	150,08	160,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zůstatek dluhu	[tis. Kč]	704,50	581,99	450,91	310,66	160,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Splátka	[tis. Kč]	0,00	171,82	171,82	171,82	171,82	171,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF	[tis. Kč]	-704,50	96,28	115,12	118,85	122,47	125,97	243,98	246,68	249,33	251,95	254,52
DCF	[tis. Kč]	-704,50	91,19	103,27	100,99	98,56	96,02	176,14	168,68	161,48	154,55	147,88
Kumulované DCF	[tis. Kč]	<b>-704,50</b>	<b>-613,31</b>	<b>-510,04</b>	<b>-409,05</b>	<b>-310,49</b>	<b>-214,47</b>	<b>-38,33</b>	<b>130,35</b>	<b>291,83</b>	<b>446,38</b>	<b>594,26</b>
NPV	[tis. Kč]	594,26										
IRR	[%]	17,67%										
Min. zel. bonus	[Kč/kWh]	1,100										



## VARIANTA 2

Pal. náklady Npal	[tis. Kč]	465,61	474,92	484,42	494,11	503,99	514,07	524,35	534,84	545,53	556,44
Seris Nser	[tis. Kč]	66,00	67,32	68,67	70,04	71,44	72,87	74,33	75,81	77,33	78,88
Admin., výkaznictví Nadm	[tis. Kč]	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Pojištění Npoj	[tis. Kč]	18,38	16,54	14,89	13,40	12,06	10,85	9,77	8,79	7,91	7,12
Nreg	[tis. Kč]	49,22	50,20	51,21	52,23	53,27	54,34	55,43	56,53	57,67	58,82
Provozní náklad celkem	[tis. Kč]	609,20	619,18	629,58	640,39	651,59	663,17	675,13	687,46	700,16	713,21

Tržba zelený bonus TZE	[tis. Kč]	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8
Prod. el. síť Tpro,síť	[tis. Kč]	22,8	22,7665869	22,76659	22,76659	22,76659	22,76659	22,76659	22,76659	22,76659	22,76659
Neodebraná elektřina Tsít	[tis. Kč]	355,2	362,3098365	369,556	376,9472	384,4861	392,1758	400,0193	408,0197	416,1801	424,5037
Neodebrané teplo Ttep,síť	[tis. Kč]	341,5	348,340608	355,3074	362,4136	369,6618	377,0551	384,5962	392,2881	400,1339	408,1365
Provozní výnosy celkem	[tis. Kč]	935,3	949,2	963,5	977,9	992,7	1 007,8	1 023,2	1 038,9	1 054,9	1 071,2

<b>VARIANTA 2</b>												
		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	[tis. Kč]	2 015,00	2 016,00	2 017,00	2 018,00	2 019,00	2 020,00	2 021,00	2 022,00	2 023,00	2 024,00	2 025,00
Investiční výdaje	[tis. Kč]	744,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odpisy	[tis. Kč]	0,00	154,99	313,50	313,50	313,50	313,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Provozní náklady	[tis. Kč]	0,00	609,20	619,18	629,58	640,39	651,59	663,17	675,13	687,46	700,16	713,21
Provozní výnosy	[tis. Kč]	0,00	935,30	949,24	963,45	977,95	992,73	1 007,82	1 023,20	1 038,89	1 054,90	1 071,23
Provozní zisk	[tis. Kč]	0,00	171,11	16,55	20,37	24,06	27,65	344,65	348,07	351,43	354,74	358,02
Daň	[tis. Kč]	0,00	22,61	0,00	0,00	0,20	3,00	65,48	66,13	66,77	67,40	68,02
Úrok	[tis. Kč]	0,00	52,12	43,05	33,36	22,98	11,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Úmor	[tis. Kč]	0,00	129,46	138,52	148,22	158,60	169,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zůstatek dluhu	[tis. Kč]	744,50	615,04	476,51	328,29	169,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Splátka	[tis. Kč]	0,00	181,58	181,58	181,58	181,58	181,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF	[tis. Kč]	-744,50	121,91	148,48	152,29	155,78	156,58	279,16	281,94	284,66	287,34	289,99
DCF	[tis. Kč]	-744,50	115,47	133,20	129,40	125,37	119,35	201,54	192,79	184,36	176,26	168,49
Kumulované DCF	[tis. Kč]	<b>-744,5</b>	<b>629,03065</b>	<b>495,833219</b>	<b>-366,434</b>	<b>-241,068</b>	<b>-121,72</b>	<b>79,82338</b>	<b>272,6111</b>	<b>456,9733</b>	<b>633,2375</b>	<b>801,726</b>
NPV	[tis. Kč]	<b>801,73</b>										
IRR	[%]	<b>20,89%</b>										
Min. zel. bonus	[Kč/kWh]	<b>0,720</b>										

### VARIANTA 3

Pal. náklady Npal	[tis. Kč]	634,92	647,62	660,57	673,78	687,26	701,00	715,02	729,32	743,91	758,79
Seris Nser	[tis. Kč]	90,00	91,80	93,64	95,51	97,42	99,37	101,35	103,38	105,45	107,56
Admin., výkaznictví Nadm	[tis. Kč]	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Pojištění Npoj	[tis. Kč]	36,76	33,08	29,78	26,80	24,12	21,71	19,54	17,58	15,82	14,24
Nreg	[tis. Kč]	68,21	69,57	70,96	72,38	73,83	75,31	76,81	78,35	79,91	81,51
Provozní náklad celkem	[tis. Kč]	839,89	852,27	865,35	879,08	893,45	908,42	923,99	940,12	956,81	974,05

Tržba zelený bonus TZE	[tis. Kč]	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10	377,10
Prod. el. síť Tpro,síť	[tis. Kč]	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29	36,29
Neodebraná elektřina Tsít	[tis. Kč]	441,31	450,14	459,14	468,33	477,69	487,25	496,99	506,93	517,07	527,41
Neodebrané teplo Ttep,síť	[tis. Kč]	465,70	475,01	484,51	494,20	504,08	514,17	524,45	534,94	545,64	556,55
Provozní výnosy celkem	[tis. Kč]	1 320,40	1 338,54	1 357,04	1 375,91	1 395,16	1 414,80	1 434,83	1 455,26	1 476,09	1 497,35

VARIANTA 3											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investiční výdaje	1 256,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odpisy	0,00	154,99	313,50	313,50	313,50	313,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Provozní náklady	0,00	839,89	852,27	865,35	879,08	893,45	908,42	923,99	940,12	956,81	974,05
Provozní výnosy	0,00	1 320,40	1 338,54	1 357,04	1 375,91	1 395,16	1 414,80	1 434,83	1 455,26	1 476,09	1 497,35
Provozní zisk	0,00	325,52	172,76	178,19	183,33	188,21	506,38	510,84	515,13	519,28	523,30
Daň	0,00	45,14	19,02	23,16	27,46	31,95	96,21	97,06	97,88	98,66	99,43
Úrok	0,00	87,96	72,66	56,30	38,78	20,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Úmor	0,00	218,49	233,79	250,15	267,66	286,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zůstatek dluhu	1 256,50	1 038,01	804,22	554,06	286,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Splátka	0,00	306,45	306,45	306,45	306,45	306,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF	-1 256,50	128,92	160,80	162,08	162,92	163,32	410,16	413,78	417,26	420,62	423,87
DCF	-1 256,50	122,11	144,25	137,72	131,11	124,49	296,12	282,94	270,24	258,02	246,27
Kumulované DCF	-1 256,50	-1 134,39	-990,14	-852,42	-721,31	-596,82	-300,70	-17,76	252,48	510,50	756,77
NPV	756,77										
IRR	14,21%										
Min. zel. bonus	1,400										

#### VARIANTA 4

Pal. náklady Npal	[tis. Kč]	387,75	395,51	403,42	411,48	419,71	428,11	436,67	445,40	454,31	463,40
Seris Nser	[tis. Kč]	55,50	56,61	57,74	58,90	60,07	61,28	62,50	63,75	65,03	66,33
Admin., výkaznictví Nadm	[tis. Kč]	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Pojištění Npoj	[tis. Kč]	28,38	25,54	22,99	20,69	18,62	16,76	15,08	13,57	12,22	10,99
Nreg	[tis. Kč]	56,64	57,78	58,93	60,11	61,31	62,54	63,79	65,07	66,37	67,70
Provozní náklad celkem	[tis. Kč]	538,27	545,63	553,48	561,79	570,55	579,72	589,31	599,28	609,64	620,37

Tržba zelený bonus TZE	[tis. Kč]	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5
Prod. el. síť Tpro,síť	[tis. Kč]	10,9	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912	10,8912
Neodebraná elektřina Tsít	[tis. Kč]	366,5	373,8360188	381,3127	388,939	396,7178	404,6521	412,7452	421,0001	429,4201	438,0085
Neodebrané teplo Ttep,síť	[tis. Kč]	297,9	303,82128	309,8977	316,0957	322,4176	328,8659	335,4432	342,1521	348,9951	355,9751
Provozní výnosy celkem	[tis. Kč]	907,8	921,1	934,6	948,5	962,6	977,0	991,6	1 006,6	1 021,9	1 037,4

<b>VARIANTA 4</b>												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Investiční výdaje	[tis. Kč]	1 037,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odpisy	[tis. Kč]	0,00	154,99	313,50	313,50	313,50	313,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Provozní náklady	[tis. Kč]	0,00	538,27	545,63	553,48	561,79	570,55	579,72	589,31	599,28	609,64	620,37
Provozní výnosy	[tis. Kč]	0,00	907,81	921,09	934,65	948,47	962,57	976,95	991,62	1 006,59	1 021,85	1 037,42
Provozní zisk	[tis. Kč]	0,00	214,54	61,96	67,66	73,18	78,52	397,23	402,32	407,31	412,21	417,05
Daň	[tis. Kč]	0,00	26,97	0,38	4,03	7,82	11,78	75,47	76,44	77,39	78,32	79,24
Úrok	[tis. Kč]	0,00	72,59	59,97	46,46	32,01	16,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Úmor	[tis. Kč]	0,00	180,32	192,95	206,45	220,91	236,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zůstatek dluhu	[tis. Kč]	1 037,00	856,68	663,73	457,27	236,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Splátka	[tis. Kč]	0,00	252,91	252,91	252,91	252,91	252,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF	[tis. Kč]	-1 037,00	89,65	122,17	124,22	125,94	127,34	321,76	325,88	329,92	333,89	337,81
DCF	[tis. Kč]	-1 037,00	84,91	109,59	105,55	101,35	97,06	232,29	222,84	213,67	204,82	196,27
Kumulované DCF	[tis. Kč]	-1 037,00	-952,09	-842,50	-736,95	-635,59	-538,53	-306,24	-83,40	130,27	335,09	531,36
<b>NPV</b>	<b>[tis. Kč]</b>	<b>531,3629</b>										
<b>IRR</b>	<b>[%]</b>	<b>12,97%</b>										
<b>Min. zel. bonus</b>	<b>Kč/kWE</b>	<b>1,355</b>										

**NYNÍ BEZ  
INSTALAČNÍHO  
POPLATKU!!!**

Nabídka	2014-695	Verze	1
Obchodník	Radim Rusev	Datum	22.12.2014
Telefon	+420 776 544 554	Platnost	20.2.2015
E-mail	<a href="mailto:radim.rusev@onsite.cz">radim.rusev@onsite.cz</a>		

#### Klient

<b>společnost</b>	<b>Bazén Mělník</b>
<b>ulice</b>	Řípská 648
<b>město</b>	Mělník
<b>PSC</b>	27601
<b>IČ</b>	0
<b>DIČ</b>	0
<b>Kontaktní osoba</b>	Robin David
<b>Telefon</b>	776662663
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:robin.david@elpros-praha.cz">robin.david@elpros-praha.cz</a>

#### Lokalita

<b>Název lokality</b>	<b>Bazén Mělník</b>
<b>ulice</b>	Řípská 648
<b>město</b>	Mělník
<b>PSC</b>	27601

#### Rozsah nabídky

Nabízíme Vám instalaci naší kogenerační jednotky do vašeho objektu. Tato kogenerační jednotka bude v majetku společnosti OnSite Power, která bude kompletně zajišťovat její servis a provoz. Naše společnost Vám bude za výhodných podmínek dodávat teplo a elektřinu vyrobenou v kogenerační jednotce.

#### Detailnější specifikace nabídky

**NYNÍ BEZ  
INSTALAČNÍHO  
POPLATKU!!!**

### Výkon kogenerační jednotky

	<b>kW Celkový</b>	<b>kWt teplo</b>	<b>kWe elektřina</b>
	<b>92</b>	<b>62</b>	<b>30</b>

### Tabulka cen energií

		<b>stávající</b>	<b>nabízená</b>	<b>úspora</b>
<b>Teplo <sup>2)</sup></b>	<b>Kč/kWh</b>	<b>1,260</b>	<b>1,350</b>	<b>-0,090</b>
teplo (přepočteno z kWh)	Kč/GJ	350	375	
<b>El. energie</b>				
silová energie + distribuce	Kč/kWh	3,356	1,600	
daň z elektřiny	Kč/kWh	0,028	0,028	
OZE	Kč/kWh	0,0069	0,0069	
OZE	Kč/kWh	0,495	0,495	
Systémové služby	Kč/kWh	0,105	0,105	
Snížená potřeba systémových služeb	Kč/kWh		-0,0657	
<b>Celkem El. energie</b>	<b>Kč/kWh</b>	<b>3,992</b>	<b>2,170</b>	<b>1,822</b>
<b>Plyn</b>	<b>Kč/kWh</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Instalační poplatek</b>	<b>Kč</b>	v případě podpisu smlouvy v době platnosti této nabídky nebude instalační poplatek ve výši 3000,- Kč za každou instalovanou kW elektrického výkonu účtován		



**NYNÍ BEZ  
INSTALAČNÍHO  
POPLATKU!!!**

### Celková odhadovaná úspora oproti aktuálním cenám energií

Celková úspora se odvíjí od mnoha faktorů a to zejména od spotřeby odebraného tepla v závislosti na klimatických podmínkách v rámci roku. Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje celkové úspory je množství spotřebované elektřiny přímo v objektu, kterou vyrobí mikroelektrárna. (čím více vyrobené elektřiny se spotřebuje přímo v objektu, tím je úspora vyšší)

#### Předpoklad spotřeb z kogenerační jednotky

Poměr vyrobené elektřiny spotřebované v objektu		50%
Předpokládaný roční odběr tepla	kWh	329 907
Odhadovaný roční odběr elektrické energie	kWh	39 138

#### Odhad úspor

Odhadovaná úspora za teplo	Kč	-29 725
Odhadovaná úspora za el. energii	Kč	71 309
Odhadovaná úspora na odebraném plynu	Kč	0
Cekem úspora/rok	Kč	41 584
Úspora za 10 let	Kč	415 840

#### Výchozí předpoklady - stávající spotřeby energií

spotřeba teplo	kWh <sup>2)</sup>	421 937
spotřeba el. energie - špička	kWh	85 968
spotřeba el. energie - mimo špičku	kWh	0

**NYNÍ BEZ  
INSTALAČNÍHO  
POPLATKU!!!**

## Výhody služby

- > výrazná úspora nákladů na spotřebované energii
- > zařízení je provozováno dodavatelem (neplatíte náklady na údržbu a provoz)
- > dodavatel je zodpovědný za funkčnost zařízení (nestaráte se o jeho funkčnost)
- > nemusíte investovat do obnovy a nákupu nových kotlů
- > on-line monitoring zařízení zajišťuje včasné odhalení závad a optimalizaci provozu
- > nemusíte investovat do nákupu zařízení
- > žádné dodatečné náklady - vše je kalkulováno v ceně energií
- > vaše úspora se zvyšuje s rostoucími cenami energií

## Ostatní informace

- > odběratel má po celou dobu platnosti smlouvy burzovní garanci cenové hladiny dodávaných energií. Cena všech energií se mění pouze o změnu ceny plynu na burze a o změnu zákonných poplatků.
- > odběratel bude od OSP odebírat v maximální možné míře levné teplo. Kogenerační jednotka je instalována jako primární zdroj tepla.
- > odběratel bude odebírat od OSP levnou elektřinu, zbylou energii prodá Dodavatel do sítě.
- > dodavatel na své náklady nainstaluje do objektu Odběratele kogenerační jednotku.
- > dodavatel bude na své náklady provozovat kogenerační jednotku a hradit veškeré náklady s tím spojené a to zejména, nákup zemního plynu pro kogenerační jednotku, servis jednotky a její údržbu.
- > pokud bude mít Odběratel zájem, může mu Dodavatel dodat i levnější zemní plyn v rámci dodávky plynu pro kogenerační jednotku.
- > odběratel musí dodavateli zajistit přístup k zařízení pro zajištění servisních zásahů
- > smlouva je uzavírána na 10 let s opcí na dalších 5 let
- > všechny ceny jsou uvedeny bez DPH

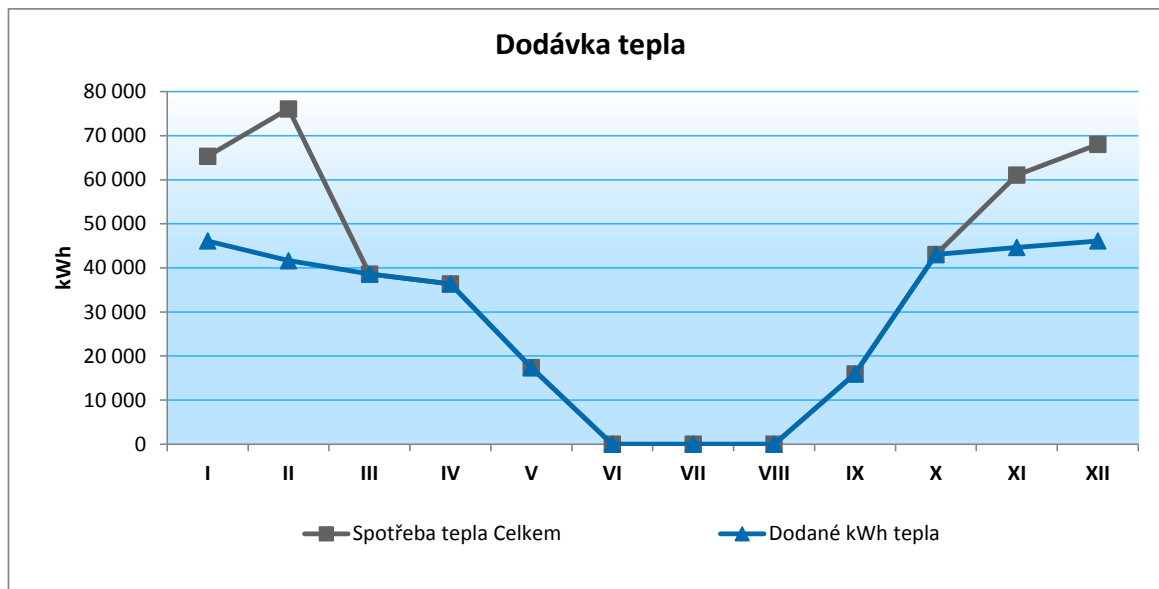
1) kWhs - kWh spalného tepla - hodnota účtovaná dodavatelem plynu

2) kWht - kWh tepla - skutečně vyrobené a dodané teplo - přepočte se z kWh spalného tepla na výhřevnost plynu a započte se účinnost kotle

Tento dokument obsahuje citlivé informace a nesmí být bez souhlasu OnSite Power s.r.o. poskytnut třetí straně.

**NYNÍ BEZ  
INSTALAČNÍHO  
POPLATKU!!!**

### Graf předpokládané dodávky tepla



### Graf předpokládané výroby elektřiny

