

**Slovenská technická univerzita v Bratislave, FCHPT, Ústav chemického  
a environmentálneho inžinierstva**

# **Dimezovanie kogeneračných jednotiek**

*(zadanie k predmetu Riešenie procesových problémov v praxi)*

## Obsah

1. Zoznam literatúry.....	3
2. Abstrakty článkov.....	4
3. Abstract .....	7
4. Úvod .....	8
5. Výber kogeneračných jednotiek .....	8
6. Dimenzovanie kombinovanej výroby.....	10
7. Záver.....	14
8. Doplnkový zoznam literatúry.....	16

## 1. Zoznam literatúry

- [1] Antonio Colmenar-Santos, Enrique Rosales-Asensio, David Borge-Diez, Francisco Mur-Perez, *Cogeneration and district heating networks: Measures to remove institutional and financial barriers that restrict their joint use in the EU-28*, Energy, 85 (2015) 403-414.
- [2] Matan Shnaiderman , Nir Keren, *Cogeneration versus natural gas steam boiler: A techno-economic model*, Applied Energy, 131 (2014) 128–138.
- [3] Antonio Colmenar-Santos, EnriqueRosales-Asensio, DavidBorge-Diez, Jorge-JuanBlanes-Peiró, *District heating and cogeneration in the EU-28: Current situation, potential and proposed energy strategy for its generalisation*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62 (2016) 621–639.
- [4] John Gelegenisa, George Mavrotasb, *Optimum sizing of residential cogeneration for prefeasibility estimations. An analytical approach*, Energy Procedia, 75 (2015) 993 – 998.
- [5] Marco Gambini, Michela Vellini, *High Efficiency Cogeneration: Performance Assessment of Industrial Cogeneration Power Plants*, Energy Procedia, 45 (2014) 1255 – 1264.
- [6] C. B. Tibbits, B. B. Pendergrass ,M. E. McEwen, *How Process and power plant changes can increase industrial cogeneration: The case of kraft pulp mills*, Energy Convers, 22 (1982) 393-396.
- [7] <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/business/CogenerationFeasibilityGuide.pdf>.  
Príručka uskutočniteľnosti kogenerácie, ktorá poskytuje návod na počiatkové dimenzovanie a výber kogenerácie, ktorý pomáha pri rozhodovaní, či kombinovaná výroba je vhodný spôsob akým znížiť poplatky za energie, náklady, spotrebu energie a emisie skleníkových plynov. 10.2016

## 2. Abstrakty článkov

### [1]

The aim of this research is to identify actions that dissipate the institutional and financial barriers that are faced by those energy projects which comprise the joint use of district heating networks and cogeneration in the EU-28. From this evaluation, institutional and financial barriers were identified, which included: distinctive competence, fuel price volatility, and much of the current regulatory framework. In order to achieve an effective removal of these barriers, and apart from generic and common actions to all the schemes, such as creating anchor loads, adopting an active marketing strategy by the local authorities, or the proposition of updating some communitarian directives on energy issues; it is also necessary to adopt those actions that respond to the casuistry of each Member State. Such actions will ultimately represent the most effective way to get a generalised implementation of energy projects that include a joint use of district heating networks and cogeneration.

### [2]

Energy usage can constitute a substantial operational expense for corporations. To reduce expenses, corporations may seek out decentralized solutions for generating electricity, based on sustainable energy or on conventional energy resources. The main goal of this research is to resolve an organization's dilemma regarding whether to adopt a cogeneration system or to replace a conventional diesel steam boiler with a boiler fueled by natural gas. We analytically calculate the total expected initial setup and operational costs under the two models, and determine which model is preferable. We numerically show that implementation of a cogeneration system may yield rapid return-on-investment and may lead to cost savings of more than 25%, as compared with the conventional system. However, low electricity tariffs or high operation costs lead to slower return-on-investment and the conventional model becomes significantly better for short-term processes. Furthermore, low uncertainty of steam demands leads to profitability of the cogeneration model. On the other hand, if the total expected demand of one type of product (electricity or steam) is significantly greater than that of the other, then the conventional model becomes preferable.

### [3]

Yearly, EU-28 conventional thermal generating plants reject a greater amount of energy than what ultimately is utilised by residential and commercial loads for heating and hot water. If this waste heat were to be used through district heating networks, given a previous energy valorisation, there would be a noticeable decrease in imported fossil fuels for heating. As a consequence, benefits in the form of an energy efficiency increase, an energy security improvement, and a minimisation of emitted greenhouse gases would occur. Given that it is not expected for heat demand to decrease significantly in the medium term, district heating networks show the greatest potential for the development of cogeneration. However, to make this happen, some barriers that are far from being technological but are mostly institutional and financial need to be removed. The purpose of this review is to provide information on the potential of using waste heat from conventional thermal powerplants (subsequently converted into cogeneration plants) in district heating networks located in the EU-28. For this, a preliminary assessment is conducted in order to show an estimate of the cost of adopting an energy strategy in which district heating networks are a major player of the energy mix. From this assessment, it is possible to see that even though the energy strategy proposed in this paper, which is based on a dramatic increase in the joint use of district heating networks and cogeneration, is capital-intensive and would require an annual investment of roughly 300 billion euros, its adoption would result in a reduction of yearly fuel expenses in the order of 100 billion

euros and as hortening of about 15% of the total final energy consumption, which makes it of paramount interest as an enabler of the legal basis of the “Secure, Clean and Efficient Energy” future enacted by the EU-28 Horizon 2020.

#### **[4]**

An analytical method is developed to estimate the optimum size of cogeneration units in residential applications used for electrical supply, space heating and domestic hot water production. The method is validated by comparing its results with those of detailed simulation from twenty-five main cities of Greece, and found to achieve a coefficient of variation of root-mean squared error less than 4%. The optimum sized CHP corresponds to 32-47% of maximum load, and proved to be mainly related to the heating degree-days of the area (correlation coefficient  $R=0.985$ ) rather than the minimum temperature.

#### **[5]**

In 2004, the European Parliament and the Council of the European Union adopted the Directive 2004/8 EC whose purpose is to increase energy efficiency and develop high efficiency cogeneration of heat and power. Italy brought into force this law by means of the Legislative Decree February 8, 2007, n. 20: from January 1, 2011, the high efficiency cogeneration is the cogeneration that meets the requirements of Directive 2004/8/EC. Then, Italy adopted two ministerial decrees: the ministerial decree of Environment Ministry (August 4, 2011), that integrates the Decree n.20, and the ministerial decree of Ministry of Economic Development (September 5, 2011), that lays down the conditions and procedures for access to the support system of cogeneration: for each year in which the requirements of high efficiency cogeneration are met, the cogeneration units are entitled to energy efficiency certificates (White Certificates), whose number is proportional to the energy saving achieved. Therefore, from January 1, 2011 the legislative and incentive cogeneration context is radically changed and, consequently, new boundary conditions must be taken into account for feasibility studies and performance assessments of cogeneration plants. So, in this paper we want to evaluate the impact of this new legislative context on the competitiveness of the various cogeneration technologies. To this end, after an illustration of the new criteria to meet the qualifications of the high efficiency cogeneration, a comparison between different generation technologies will be developed by highlighting the impact of the new incentive context.

#### **[6]**

Industrial cogeneration can be substantially increased in energy intensive process industries, such as pulp and paper, by making process and operating changes such as reducing water use, minimizing effluent discharge, generating chemicals on-site and drying biomass fuels. The economic benefits of cogeneration are demonstrated by comparing three cases. The first is the no generation case in which steam is generated for process use and electric power is purchased from the utility. The second is the thermal match case in which steam is generated at a pressure substantially higher than needed for process and passed through a turbine to generate electric power before being used to meet the plant's thermal demands. In the third case, the maximum cogeneration case, more steam is produced than required by the plant. The additional steam is expanded through the turbine-generator to a condenser and generates additional electricity which can be sold. The study is based upon the conceptual design of a hypothetical 1000 tons/day bleached kraft pulp mill scheduled to begin operation in the United States in 1985, but the general approach and conclusions are applicable to a wide variety of industries with high energy demands.

**[7]**

Cogeneration, otherwise known as combined heat and power (CHP), is the simultaneous production of electricity and heat from a single fuel source, commonly natural gas. Trigeneration is an extension of cogeneration which involves the simultaneous production of electricity, heating and cooling. These systems recover the heat normally lost in traditional grid electricity generation and use it for heating, cooling, dehumidification and other processes. An efficient onsite cogeneration plant can significantly reduce energy costs and carbon emissions. Cogeneration is not a single technology, but an integrated energy system that can be adapted to the needs of the energy end user. Cogeneration can use a variety of fuels to provide reliable electricity, mechanical power and thermal energy. This guide will help you to assess the benefits and risks of a cogeneration system in your facility.

### 3. Abstract

Energy, environment and development are the three themes faced mankind today. Rational development and utilization of energy will impact on the environmental protection and sustainable development of mankind directly. The using of energy not only promotes all human activities, but also promotes the development of society and economy. It is the driving force of economic development. Now most of countries attach great importance to production and consumption of energy. Per capital consumption of energy has become one of the indicators to measure a country's degree of modernization and progress. On the tradition aspects of using for energy to see, there are some inadequate, such as serious pollution and waste, ineffectiveness and other deficiencies. The proposed and implemented cogeneration can overcome shortcomings of traditional energy resources. The cogeneration is the joint production of heat and power. It can be available commercial implementation currently and is the highest technology that can achieve the large-scale energy conversion efficiency. CHP compared with thermoelectric of production, it has some advantages of reducing energy consumption, improving environmental quality, improving the heating quality, facilitating utilization, improving the urban landscape and so on. The article discussed and summarized sizing and selecting a cogeneration system and also analysed advantages and disadvantages of many cogeneration systems. It also offered several case studies for countries in different climatic zones.

## 4. Úvod

Kogenerácia je príklad použitia procesnej pary alebo tepla na výrobu elektrickej energie. Kombinované energetické systémy sú viac efektívne a hospodárne ako výroba pary a elektriny samostatne. Najbežnejšou metódou kogenerácie je topping cyklus. Cyklus v prvom rade generuje elektrickú energiu z vysokotlaktej pary a potom používa paru ako procesné teplo. K maximalizácii kombinovanej výroby pri inštalácii novej jednotky v existujúcich priemyselných zariadeniach aj v prípade úplne nového závodu je dôležité vedieť koľko pary a elektrickej energie pre každú oblasť sa použije. To nám poskytuje databáza, v ktorej možno začať hľadať spôsoby ako šetriť a generovať viac energie [6]. Kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie (CHP) môže viesť k výraznej úspore energie a zníženiu emisií CO<sub>2</sub>. Napriek atraktívnemu konceptu, v praxi existuje množstvo bariér, ktoré obmedzujú jeho uplatňovanie. Najvýznamnejšími sú vysoká cena a často obmedzené čerpanie odpadného tepla, najmä ak sa použije na vykurovanie. Z tohto dôvodu by mali byť veľkosti jednotiek starostlivo vybrané [4].

## 5. Výber kogeneračných jednotiek

Vzhľadom na technické, ekonomické obmedzenia a niekoľko parametrov, ktoré ovplyvňujú prevádzkovanie a ekonomiku systému, výber z kogeneračných jednotiek je vlastne založený na optimalizácii miesto praktických zásad. Pre tento cieľ sú uplatniteľné rôzne optimalizačné kritériá ako napríklad priemerný ročný zisk, stanovenie hodinovej tepelnej záťaže alebo celkové emisie počas životného cyklu. Hoci na hodnotenie kogeneračných jednotiek boli v článku [4] použité analyzovacie nástroje, špecializované simulácie je potrebné uskutočniť pre ročný výkon jednotky. V dokumente [4] bol najprv vyvinutý zjednodušený model pre technické a ekonomické zhodnotenie a optimalizácia jednotky v prípade aplikácie v bytovej sfére. V tejto súvislosti sa predpokladá inštalácia spaľovacieho motora. Vo všeobecnosti spojenie tepelného režimu vedie k najvyššej energetickej efektívnosti nákladov na budovy. Prípadová štúdia v spomínanom článku je vypracovaná na preukázanie analytického prístupu. Náklady na kogeneračné jednotky sa menia s kapacitou podľa istej škály. Pre konkrétny prípad spomenutý v článku sa náklady odhadujú na takej vysokej úrovni, že ak berieme do úvahy vyčíslený čistý ročný zisk zistíme, že náklady na jednotku nie je možné vrátiť. Okrem toho sú v spomenutom článku analytické odhady intenzity tepelného dopytu vypracované pre dvadsaťpäť väčších miest Grécka.

V inom dokumente [5] bolo vykonané hodnotenie výkonnosti priemyselných kogenerácií, pôsobiacich v rámci nových legislatívnych kontextov. V prvom rade boli ilustrované charakteristické rysy vysokoúčinnnej kombinovanej výroby. Potom bol prezentovaný postup pre výpočet vysokoúčinnnej kombinovanej výroby, boli prezentované parametre a napokon bolo analyzovaných päť rôznych kogeneračných technológií, pričom bola porovnávaná ich účinnosť. K hlavným výsledkom vyplývajúcim z článku patrí zistenie, že všetky elektrické jednotky musia byť rozdelené na dve virtuálne časti, CHP časť (kombinovaná) a non-CHP časť (nekombinovaná), okrem prípadov parnej protitlakovej turbíny a plynovej turbíny. Taktiež sa dozvedáme, že keď jednotky sú rozdelené na dve virtuálne časti, hodnotenie pomeru tepla a elektriny musí byť vykonávané s cieľom kvantifikovať množstvo elektriny vyrobenej kombinovanou výrobou. Tento parameter závisí od účinnosti nekombinovanej výroby.



Zo zjednodušených energetických bilancií vykonaných EUROSTATom konvenčné tepelné elektrárne nachádzajúce sa v EÚ tvoria viac odpadnej energie vo forme zvyškového tepla, než to, čo rezidenčné a komerčné budovy používajú na vykurovanie [3]. Ak by zvyškové teplo mohlo byť použité z kombinovanej výroby vo vykurovacej sieti, došlo by k zníženiu množstva dovážaných fosílnych palív a skleníkových plynov vypúšťaných do atmosféry, čoho výsledkom by boli výhody z ekonomického, environmentálneho a energetického hľadiska. Publikácia, ktorá sa zaoberá súčasným stavom sieťového vykurovania a kombinovanej výroby v EU [3] tvrdí, že vzhľadom na nedostatok energie po celý rok nie všetky tepelné zaťaženia môžu využívať odpadové teplo z tepelných elektrární. Je potrebné odhadnúť ich reálny potenciál, vrátane predpokladov čo najbližšie k reálnemu správaniu, ekonomické a environmentálne zhodnotenie.

Cieľom tohto dokumentu je navrhnúť stratégiu pre oblasť energetiky, ktorá umožňuje prostredníctvom zovšeobecnenia spoločného užívania vykurovacích sietí a kombinovanej výroby v EU plniť právny základ "Bezpečná, čistá a efektívna energia" udržateľným spôsobom. Metóda tu navrhovaná používa systematický a jednoduchý prístup a spravuje navrhnutú energetickú stratégiu pre taký veľký región ako je EU. Nájdeme tu diskusiu o potenciále odpadného tepla z bežnej tepelnej elektrárne aj štúdie hodnotenia potenciálu spoločnej siete centralizovaného zásobovania teplom a kombinovanej výroby pre rôzne regióny. V tejto časti sú informácie týkajúce sa cien diaľkových vykurovacích sietí, prepravy, distribúcie, skladovania tepla ako aj prezentovanie Kodani ako príkladu mesta, v ktorom sa podarilo skombinovať s elektrinou tepelnú sieť, zemný plyn a odpadové hospodárstvo.

Poznať skutočný potenciál každej technológie je potrebné na vykonanie hodnotenia jeho ekonomickej realizovateľnosti. K maximalizácii kombinovanej výroby pri inštalácii novej jednotky v existujúcich priemyselných zariadeniach aj v prípade úplne nového závodu je dôležité vedieť koľko pary a elektrickej energie pre každú oblasť sa použije v dobre riadenej jednotke. To nám poskytuje databáza, z ktorej možno začať hľadať spôsoby, ako šetriť a generovať viac energie. Ak jednotka generuje viac elektriny stačí kupovať menej zo siete alebo ju bude môcť predávať a mať tak príjem navyše. Celulóзовý a papierenský priemysel sa používa v jednom z dokumentov [6] ako jeden zo spôsobov v ktorom priemysel môže využívať energiu efektívnejšie a maximalizovať výkon. Všeobecný prístup a závery platia pre širokú škálu rôznych odvetví s vysokou energetickou náročnosťou.

V spomenutom dokumente boli realizované energetické prieskumy v dvoch existujúcich celulózkach v rôznych častiach v Spojených štátoch. Mnoho celulózk a priemyselných zariadení nemá adekvátne prístrojové vybavenie na sledovanie spotreby energie. Vo väčšine priemyselných zariadení kvôli nedostatočnému prístrojovému vybaveniu a neúplným záznamom je jednoduchšie pripraviť materiálovú bilanciu ako pripraviť tepelnú alebo energetickú bilanciu. Tepelná alebo energetická bilancia je však viac informatívna. Aj správne fungujúce priemyselné zariadenia používajúce energiu efektívne môžu nájsť spôsoby ako zlepšiť svoje prevádzkovanie po analýze súčasného využitia energie prostredníctvom energetickej bilancie. Maximalizácia kombinovanej výroby v tomto prípade vyžaduje väčšie investície pre väčšiu manipuláciu s palivom v zariadení, väčšie kotly a generovanie väčšieho množstva pary ako je potrebné na spustenie priemyselného zariadenia. Extra para sa používa na generovanie dodatočnej elektrickej energie, ktorá môže byť predávaná. Ceny energií sú však nepredvídateľné a to, do akej miery budú priemysel a pomocné jednotky spolupracovať sa uvidí časom.

Vo všetkých diskutovaných článkoch možno získať dobrý prehľad o význame kogenerácie, ktorý je vhodné získať prv, než sa pristúpi k samotnému dimenzovaniu jednotky.

## 6. Dimenzovanie kombinovanej výroby

Vhodné dimenzovanie a výber zariadenia je kritické pre úspech každého projektu kombinovanej výroby. Príručka uskutočniteľnosti kogenerácie [7] poskytuje návod na počítačové dimenzovanie a výber kogenerácie, ktorý pomáha pri rozhodovaní, či kombinovaná výroba je vhodný spôsob akým znížiť poplatky za energiu, náklady, spotrebu energie a emisie skleníkových plynov. Pred začiatkom podrobnej analýzy sa odporúča predbežný skrining. Pre dimenzovanie a výber systému sú popísané nasledujúce kroky:

- Krok 1: Porovnanie údajov elektrickej a tepelnej záťaže
- Krok 2: Analyzovať profily elektriny a plynu
- Krok 3: Výber vhodnej technológie kombinovanej výroby
- Krok 4: Určenie požadovanej kapacity jednotky
- Krok 5: Posúdenie vplyvu taríf na návrh systému
- Krok 6: Stanovenie finančnej životaschopnosti
- Krok 7: Výpočet zníženia emisií skleníkových plynov
- Krok 8: Porovnanie s green power.

Teraz môžeme podrobnejšie prihliadnuť k jednotlivým krokom.

### **Krok 1**

Prvým krokom je overenie údajov elektrickej a tepelnej záťaže pre zariadenia. Presné údaje sú dôležité pre správne posúdenie životaschopnosti projektu. Minimálne je potreba získať údaje o spotrebe od svojho dodávateľa elektriny a denné tepelné údaje. V prípade ak projekt prejde na inžinierske posúdenie môžu byť vyžadované podrobnejšie tepelné údaje. Dáta o spotrebe, ktoré je možné získať z účtov za elektrinu, zvyčajne slúžia ako dobrý ukazovateľ budúceho dopytu, ale je tiež dôležité zahrnúť do údajov špecifické faktory ako:

- efektívnosť využitia energie
- budúce zmeny energetickej náročnosti v danej lokalite
- využitie tepla pre nahradenie elektriny
- načasovanie požiadaviek

### **Krok 2**

Ďalej sa budú musieť analyzovať ročné a prevádzkové profily zaťaženia:

- pochopiť minimálne a maximálne tepelná a elektrická záťaž
- určiť pomery tepelných a elektrických potrieb v priebehu roka
- určiť typické prevádzkové profily a vyhodnocovať vplyv na tepelné a elektrické potreby

Pochopenie užívateľského profilu umožňuje vybrať typ a veľkosť technológie kombinovanej výroby. Údaje by potom mali byť rozdelené do prevádzkových profilov odrážajúcich typické prevádzkové odchýlky v zaťažení v priebehu času. Operačný profil je vyvinutý tak, že sa vezme priemer všetkých údajov za určité časové obdobie. Niektoré miesta ako sú obchodné kancelárske budovy, môžu mať celkom predvídateľný profil zaťaženia a môže závisieť od niekoľkých faktorov, ako sú napríklad počasie alebo obsadenosť. Ostatné zariadenia môžu byť zložitejšie. Ako iné príklady

prevádzkových profilov možno uviesť pivovar a akvapark. Pivovar má veľké výrobné špičky a väčšie chladiace zaťaženie v teplejších mesiacoch. V tomto prípade profily zaťaženia by mali byť vyvinuté pre vrchol sezóny aj pre kľudné obdobie (zimné) v priemere za deň, týždeň a mesiac. Akvapark má otvorený bazén a klimatizáciu pre kancelárie a šatne. Táto aplikácia vyžaduje vykurovanie aj chladenie. Záťaže sa budú významne líšiť počas celého roka. V tomto prípade by sa profily zaťaženia pre typické zimné a letné dni mali rozvíjať. Ak zariadenie je zatvorené počas významnej časti roka potom toto obdobie by tiež malo byť analyzované.

### **Krok 3**

Dimenzovanie a výber kogenerácie je iteratívny proces a niekedy je lepšie vybrať zariadenie pred dimenzovaním. Avšak, v niektorých prípadoch môže mať väčší zmysel dimenzovať skôr. Primárny pohon je srdce kombinovaného systému a správny výber je dôležitý pre úspešný systém. Hlavné faktory, ktorými sa riadi výber sú palivo ktoré je k dispozícii, alebo v prípade zhodnotenia odpadového tepla odpadové teplo ktoré je k dispozícii, tiež množstvo potrebného elektrického výkonu, alebo forma tepelnej záťaže a podmienky. Existujú aj sekundárne faktory, ktoré môžu mať vplyv na výber. Patria sem priestor, aký je k dispozícii, emisie do ovzdušia, hluk, schopnosť meniť tepelný a elektrický výstup, údržba a spoľahlivosť.

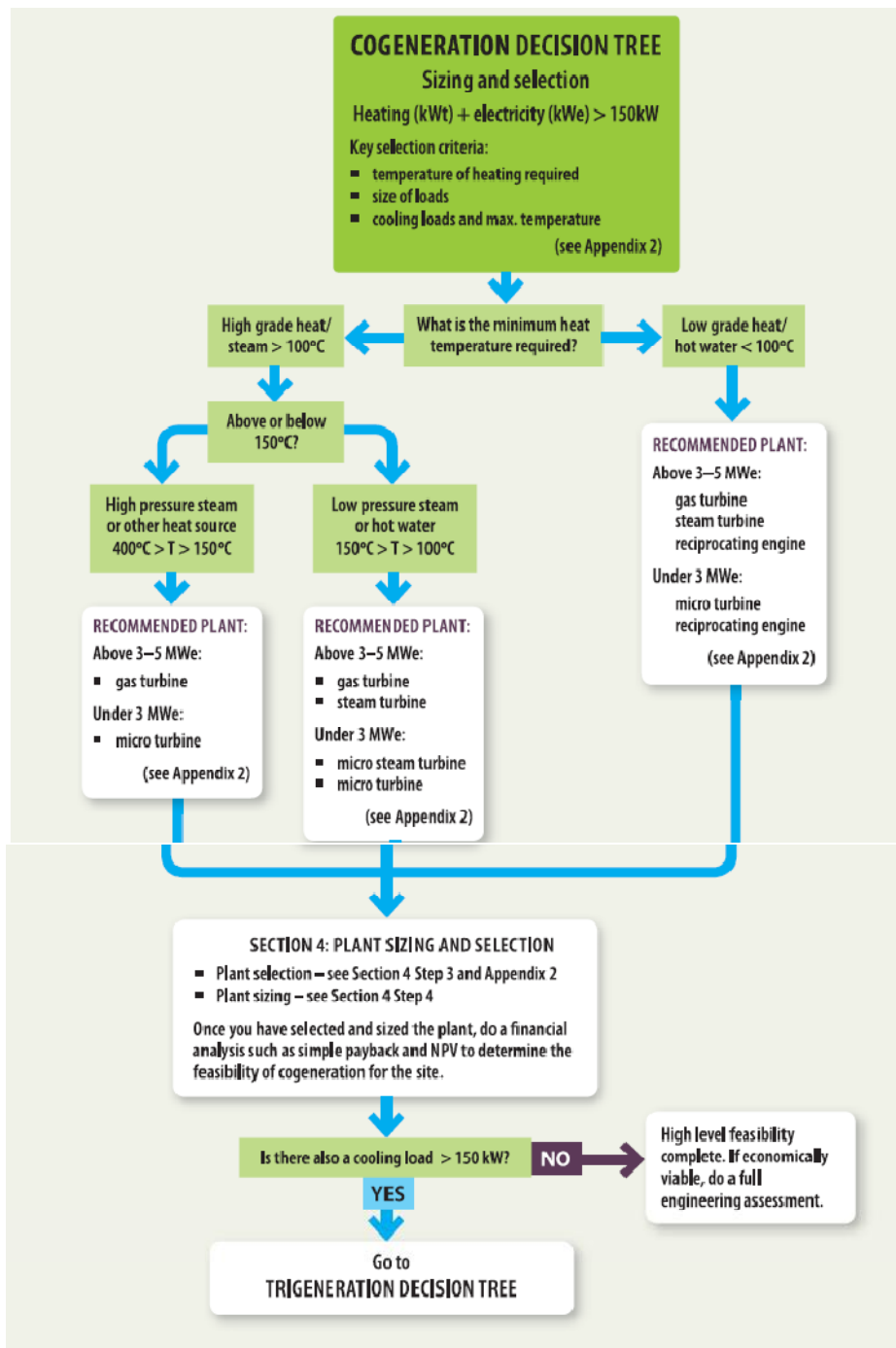
Existuje celý rad pohonov pre kogeneráciu a tabuľka č.1 sumarizuje vlastnosti pohonov a poskytuje základ pri počiatočnom výbere. Všetky tieto charakteristiky sa musia zvážiť pri správnom výbere.

### **Krok 4**

Bežné dôvody pre inštaláciu kogenerácie sú zníženie stránky nákladov na energiu, zníženie miestnej spotreby energie a/alebo zlepšenie energetickej efektívnosti a tiež zníženie množstva skleníkových plynov. Zvolená veľkosť kogeneračnej jednotky sa môže líšiť v závislosti od toho, čo zo spomenutého je primárnym dôvodom. Je dôležité maximalizovať tepelné a elektrické využitie pri dimenzovaní kombinovanej výroby. Kogeneračné jednotky by mali byť v činnosti toľko, koľko je to len možné. Obrázok obr.1 poskytuje ukážku akéhosi algoritmu, ktorý môže pomôcť orientovať sa pri dimenzovaní kogeneračnej jednotky.

Tab. č. 1: Prehľad pohonov pre kombinovanú výrobu

<b>Kogeneračný systém</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>	<b>Dosiahnuteľný rozsah</b>
<b><i>vratný zážihový motor (1500 otáčok za minútu)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká elektrická účinnosť</li> <li>• Dobrá účinnosť zaťaženia</li> <li>• Vysoký stupeň tepla</li> <li>• Rýchly štart</li> <li>• Nízky tlak plynného paliva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vysoké relatívne náklady na údržbu</li> <li>• Nízky stupeň tepla z chladenia motora</li> <li>• Relatívne vysoké emisie</li> <li>• Motor musí byť chladený ak sa teplo nevyužíva</li> </ul>	<b>50 - 4 000kW</b>
<b><i>plynová turbína</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká spoľahlivosť</li> <li>• Nízke emisie</li> <li>• Vysoký stupeň tepla</li> <li>• Potreba minimálneho chladenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stredný tlak plynného paliva</li> <li>• Nízka účinnosť zaťaženia</li> <li>• Výstup klesá s nárastom okolitej teploty</li> <li>• Výkon sa degraduje v priebehu času</li> </ul>	<b>1 000 - 30 000kW</b>
<b><i>mikroturbína</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká spoľahlivosť - malý počet pohyblivých dielov</li> <li>• Kompaktná veľkosť a hmotnosť</li> <li>• Nízke emisie</li> <li>• Nevyžaduje chladenie</li> <li>• Rýchly štart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoký tlak plynného paliva</li> <li>• Vysoké relatívne investičné náklady</li> <li>• Nízka elektrická účinnosť</li> <li>• Nízky stupeň tepla</li> <li>• Výkon sa degraduje v priebehu času</li> </ul>	<b>30 - 250kW</b>
<b><i>palivový článok</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žiadne priame emisie</li> <li>• Nízka hlučnosť</li> <li>• Vysoká elektrická účinnosť</li> <li>• Štandardný dizajn</li> <li>• Nízky tlak plynného paliva</li> <li>• Bez emisií NOx</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veľmi vysoké kapitálové náklady</li> <li>• Nízka trvácnosť</li> <li>• Veľmi nízky vývin energie</li> <li>• Plynné palivo vyžaduje spracovanie</li> <li>• Nízky stupeň tepla</li> <li>• palivové články musia byť chladené, ak sa teplo nepoužíva</li> <li>• Výkon sa degraduje v priebehu času</li> </ul>	<b>5 - 1 400kW</b>
<b><i>parná turbína</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká možná tepelná účinnosť</li> <li>• Vysoko spoľahlivá</li> <li>• Kompaktná</li> <li>• Univerzálna v konfigurácii</li> <li>• Poháňaná teplom a nie palivom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké náklady pri menších veľkostiach</li> <li>• Požadovaný vysoký tepelný stupeň</li> <li>• Nízka elektrická konverzia</li> </ul>	<b>80 - 500 000kW</b>
<b><i>ORC</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postačujúci nízky stupeň tepla</li> <li>• Vysoko spoľahlivý</li> <li>• Poháňaný teplom a nie palivom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízka elektrická konverzia</li> <li>• Vysoké kapitálové náklady</li> <li>• Vyššia elektrická účinnosť pri nižšej výstupnej teplote</li> </ul>	<b>30 – 10 000kW</b>



Obr. 1 : Algoritmus dimenzovania kombinovanej výroby

Všeobecné úvahy dimenzovania

- prevádzka by mala byť čo najmenšia, pričom by sa malo maximalizovať množstvo elektriny alebo tepla v závislosti od toho kde vznikajú vyššie náklady,
- jednotky by nemali byť dimenzované nad vrchol elektrického dopytu s cieľom exportu,
- jednotky by mali byť dimenzované tak, aby zodpovedali najnižšiemu základnému zaťaženiu,

## Krok 5

Úspory nákladov z kombinovanej výroby sú do značnej miery odvodené z rozdielu medzi nákladmi na nákup elektriny a nákupu alternatívnych palív, ako zemný plyn, na generovanie vlastnej elektrickej energie. Najlepším prípadom pre kombinovanú výrobu sú vysoké ceny elektriny a nízke ceny pohonných hmôt.

## Krok 6

Kľúčové kroky pre posúdenie navrhovanej kombinovanej výroby sú odhad kapitálových nákladov, odhad potenciálnych úspor, kvantifikovanie kľúčových parametrov projektu a stanovenie čistej súčasnej hodnoty a vnútornej miery výnosnosti.

Celkové náklady na kombinovanú výrobu sa výrazne odlišujú v závislosti od požadovanej konfigurácie jednotky a určenie fyzického umiestnenia. Je potreba určiť približný odhad kapitálových nákladov, finančnú životaschopnosť projektu, pričom sú zvyčajne 1,5 až 3-násobkom nákupných nákladov na zariadenia. Úspory sú jednoducho hodnota elektrickej energie a existujúcej tepelnej jednotky (napr. kotly alebo ohrievače), ktoré by nahrádzali kogeneráciu, mínus suma za náklady na prevádzku strojov. Celkové náklady na prevádzku za hodinu, deň, týždeň, mesiac alebo rok sa môžu významne líšiť v závislosti na prevádzkových profiloch.

## Krok 7 a 8

Na úspory emisií má vplyv prevažne výmena hlavného palivového zdroja elektrickej energie (zemný plyn). Zníženie emisií by mohlo viesť k dodatočnej výhode v rámci zlepšovania životného prostredia. Green power je vyrobená z obnoviteľných zdrojov energie, ako je solárna, veterná, vodná, bioplyn a biomasa, a tak má nulové alebo minimálne emisie oxidu uhličitého.

## 7. Záver

Mnohými konzultovaná a akceptovaná prítomnosť určitých bariér pri kombinovanej výrobe je dôvodom pre energetickú medzeru účinnosti. Medzitým, zlyhania trhu sú bariéry, ktoré sú konfrontované spotrebiteľom a výrobcom a ktoré vedú k nižšiemu prieniku na trh ako je to optimálne z ekonomického hľadiska [1].

Medzi základné bariéry patrí napríklad rozlišovacia spôsobilosť a obchodný efekt. Znamená to, že ak členské štáty nevytvoria regulačný rámec, zameraný na energetickú efektívnosť, potom aj napriek realizácii kogeneračných jednotiek sa projekty nemôžu rozvíjať vzhľadom na skutočnosť, že investície do kombinovanej výroby sú zvyčajne menej atraktívne ako iné projekty. Tieto ponúkajú aj lepšiu mieru návratnosti, nižšie vnútorné riziko, a môžu byť ľahšie realizovateľné.

Inou bariérou je nestálosť cien palív a elektrickej energie. Použitie kombinovanej výroby bude viac atraktívne pri nižšej cene plynu vzhľadom na elektrinu. Tento faktor má najvyšší vplyv na vnútornú mieru návratnosti a na úroveň rizika spojeného s kombinovanou výrobou.

Možno tiež povedať, že nie sú právne predpisy na nadnárodnej úrovni, ktoré by špecificky zabezpečovali rozšírenie tepelných sietí. Bariéry, ktoré bránia rozvoju sietí centralizovaného zásobovania teplom sú dlhodobé investície (uprednostňujú sa projekty s kratšou dobou návratnosti), vplyv rôznych regulačných rámcov pre každý členský štát, tiež nariadenia cien energií (väčšina východoeurópskych krajín sa snaží presadzovať cenovú reguláciu tepla na ochranu najviac

znevýhodnenej časti populácie, čo spôsobuje nielen skreslené ceny na energetickom trhu, ale nepriamo zabraňuje správnej údržbe a rozšíreniu sietí centralizovaného zásobovania teplom), ale aj priority a skúsenosti miestnych orgánov, ktoré hoci vedia, že by to bolo prospešné pre spoločnosť ako celok, mohlo by byť nebezpečné ísť do dlhu kvôli energetickým projektom a po diskusiách v rámci širokej verejnosti sa vo väčšine prípadov rozhodnú že nepodporia takéto projekty.

Ak štáty naozaj majú záväzky voči energetike a životnému prostrediu, mali by hľadať alternatívy a prijať ich. Aby sa podporil rozvoj tejto technológie, tak riziká a náklady spojené s inštaláciou a prevádzkovaním kogenerácie musia byť zmiernené [1,2].

## 8. Doplnkový zoznam literatúry

- [8] <http://www.cogeneurope.eu/> , stránka Európskej asociácie pre rozvoj kogenerácie, kde okrem iného možno nájsť popis princípu kogenerácie, ako aj opis priemyselných, komerčných jednotiek, či mikrojednotiek . Stránka tiež hovorí o vhodných palivách pre kogeneráciu a nachádzajú sa na nej aj rôzne štúdie, týkajúce sa výhod inštalácie takýchto zariadení. 28.10.2016
- [9] <https://www.clarke-energy.com/chp-cogeneration/> , firma Clarke Energy sa zaoberá inžinieringom, inštaláciou a údržbou elektrární pracujúcich na báze motorov spaľujúcich plyn alebo naftu. Venujú sa teda aj kogenerácii a na svojej stránke ponúkajú popis tejto technológie, zdroje tepla, aplikácie a tiež poukazujú na efektívnosť danej výroby. 29.10.2016
- [10] <http://www.veolia.co.uk/combined-heat-power/> , na stránke spoločnosti Veolia možno nájsť viaceré aplikácie kogeneračných jednotiek v priemyselnom, či verejnom sektore a presvedčiť sa tak o skutočných úsporách, ktoré vzniknú ich aplikáciou. 30.10.2016
- [11] <http://www.mwm.net/> , stránka ponúka popis kogenerácie, hovorí o vysokej efektívnosti výroby, porovnáva kombinovanú výrobu s delenou výrobou elektriny a tepla. Tiež ponúka prehľad typov jednotiek kombinovanej výroby a prípadové štúdie. 30.10.2016
- [12] Zhang Beihong, Long Weiding, *An optimal sizing method for cogeneration plants*, Energy and Buildings, 38 (2006) 189-195. Dokument sa venuje metóde optimálneho plánovania kogeneračných jednotiek na základe teórie matematického programovania. 30.10.2016
- [13] Kris R. Voorspools , William D. D'haeseleer, *Reinventing hot water? Towards optimal sizing and management of cogeneration: A case study for Belgium*, Applied Thermal Engineering, 26 (2006) 1972–1981., Tento dokument predstavuje kompletný scenár simulačných prístupov, v rámci ktorého je jasne a správne ukázaný vplyv používania kombinovanej výroby. 29.10.2016
- [14] Wang Jiang-Jiang , Zhang Chun-Fa, Jing You-Yin, *Multi-criteria analysis of combined cooling, heating and power systems in different climate zones in China*, Applied Energy, 87 (2010) 1247–1259. Dokument analyzuje prevádzku kombinovanej výroby pre rôzne klimatické oblasti. 29.10.2016