



## PRODUKČNÁ FUNKCIA Z HĽADISKA VYBRANÉHO SIEŤOVÉHO ODVETVIA

Milan Garbier<sup>1</sup>, Tatiana Čorejová<sup>2</sup>

**Abstract:** Network industries are strategically important areas of the economy. The commodities supplied in this market are related to the basic living needs of the population. The aim of the paper is to identify the framework of production possibilities in the selected network industry. Very specific conditions and a longer history among these sectors have the heating industry, which is undergoing fundamental changes in its business model by applying new technologies.

**Keywords:** network industry, heating industry, production function, pricing

### Úvod

Oblasti podnikania, ktoré sú súčasťou sieťových odvetví, v ktorých prirodzené monopoly vznikajú sú strategicky dôležitými oblasťami hospodárstva. Komodity dodávané na tomto trhu súvisia so základnými životnými potrebami obyvateľstva. Kontinuálne a kvalitatívne vyrovnané realizovanie dodávky energií je jedným zo základných predpokladov fungovania ekonomiky a naplnenie základných potrieb spoločnosti. Existencia dominantných subjektov monopolného charakteru ustanovuje vzájomné prístupy v rámci sieťových odvetví medzi výrobcami, distribútormi, dodávateľmi a ich odberateľmi. Vzájomné fungovanie a správanie monopolných subjektov energetiky má priamy dopad na obyvateľstvo a jeho životnú úroveň čím ovplyvňuje aj hospodárstvo krajiny [1, 2].

Cieľom príspevku je identifikovať rámec produkčných možností vo vybranom sieťovom odvetví. Veľmi špecifické podmienky i dlhšiu históriu medzi týmito odvetviami má teplárenstvo, ktoré uplatňovaním nových technológií v biznis modeli prechádza zásadnými zmenami. Regulácia v odvetví už pritom v súčasnosti nespočíva len v regulovaní cien, ale sústreďuje sa na environmentálne a sociálne aspekty.

### Teoretické východiská

Teória hraničnej produktivity výrobných faktorov a teória hraničnej užitočnosti je podstatnou časťou a základom v neoklasickej ekonómie. J.B. Clark (1899) v diele Rozdeľovanie bohatstva vysvetlil a rozvinul teóriu hraničnej produktivity výrobných faktorov. Podľa teórie, každý vlastník výrobného faktora získa taký podiel produktu, ktorý vytvoril jemu prislúchajúci výrobný faktor. Teória hraničnej produktivity rieši kombináciu množstva výrobných faktorov podieľajúcich sa na tvorbe optimálneho množstva produktu [1,3].

---

<sup>1</sup> Ing. Milan Garbier, externý doktorand, Katedra spojov, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, e-mail: xxx.xxxxxxx@xxx.xxx.xx

<sup>2</sup> dr.h.c. prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD., Katedra spojov, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, e-mail: [Tatiana.corejova@fpedas.uniza.sk](mailto:Tatiana.corejova@fpedas.uniza.sk)

Pri tvorbe produktu firmy - výstupu je spotrebúvaný materiál, energia a práca, ktoré sú jeho inputom. Vzájomnou kombináciou použitých vstupov môžu byť dosahované rôzne veľkosti výstupov. V takomto prípade je pre firmu podstatné zistiť, aká kombinácia výrobných faktorov vyprodukuje požadované množstvo výstupu. Pre jej stanovenie je používaná analýza produkčnej funkcie. Všeobecný tvar produkčnej funkcie možno uviesť nasledovne:

$$Q=f(F_1, F_2, \dots, F_n)$$

kde:

Q je objem produkcie, výstup alebo output firmy

$F_1, F_2, \dots, F_n$  sú použité výrobné faktory, vstupy alebo input firmy [1, 2]

Produkčná funkcia vyjadruje vzťah medzi použitým množstvom inputov pre výrobu a množstvom vyprodukovaných outputov. Najjednoduchší spôsobom pre vyjadrenie vzájomného vzťahu medzi inputom a outputom firmy je použitie vstupov ako sú práca (L) a kapitál (K) v podobe

$$Q = f(L, K)$$

Najčastejšie uvádzanou dvojfaktorovou substituálnou produkčnou funkciou je Cobb-Douglasova produkčná funkcia:

$$Q=A \times L^\alpha \times K^\beta$$

kde:

$\alpha$  - je koeficient elasticity objemu produkcie na zmenu L, kde sa vyjadruje relatívny prínos výrobného faktora práce k celkovému výstupu,

$\beta$  - koeficient elasticity objemu produkcie na zmenu K, ktorá vyjadruje relatívny prínos výrobného faktora kapitálu k celkovému outputu,

A – konštanta, pričom platí, že  $\alpha+\beta=1$

Lisý [1] analýzu produkčnej funkcie rozkladá do dvoch etáp, kde v prvej etape predpokladá, že spomedzi dvoch výrobných faktorov, ktoré firma využíva bude jeden fixný a druhý variabilný. Fixný faktor je kapitál a variabilná práca, kde analýza produkčnej funkcie je v **krátkom období**. Produkčná funkcia v krátkom období bude mať tvar  $Q = f(L, K)$ , kde L je variabilná zložka a K je fixná zložka.

Optimálna hodnota produkčnej funkcie je závislá od množstva použitých výrobných faktorov (vstupov) a spôsobu ich kombinácie, čím prinesú rozdielne výstupy

V odvetví tepelnej energetiky nemôžeme hovoriť o funkčnom konkurenčnom prostredí. Predaj tepla alebo dodávka elektrickej energie je poskytovaná práve prirodzene monopolným subjektom alebo malým počtom silných subjektov. Táto situácia na trhu vzniká prirodzene vybudovaním a vlastníctvom distribučnej siete z dôvodu vysokej investičnej náročnosti výstavby [3]. Prirodzenou vlastnosťou je existencia len jednej prípojky pre odberné miesto. Z ekonomického pohľadu nie je efektívne, aby každý trhový subjekt budoval samostatnú distribučnú sieť alebo prípojku na dodávku energií. Pre uvedené postavenie podnikov na trhu je potrebná existencia trhového mechanizmu z dôvodu vyrovnávania dopytu a ponuky, ktorá je nahrádzaná externými zásahmi - regulátorom. Uvedenými vonkajšími zásahmi sú nastavené pravidlá, ktoré zabraňujú zneužívaniu monopolného postavenia na trhu [4].

Základný rámec regulácie v sieťových odvetviach vymedzuje regulačná politika, ktorú vypracúva Rada pre reguláciu. Uplatnenie metód regulácie na základe regulačných nástrojov sú prioritované a využívané podľa určenej stratégie na dosiahnutie cieľov regulačného

obdobia [5, 6]. Využitie metód a regulačných nástrojov má byť transparentné, ciele a nediskriminačné. Predpokladom pre správne fungovanie regulácie je zavedenie kontrolných mechanizmov pre sledovanie a dodržiavanie pravidiel hospodárskej súťaže z pohľadu využívania dominantného postavenia na trhu. Významným prvkom je taktiež ochrana práv spotrebiteľov.

Regulačná politika je strategickým dokumentom, ktorý ustanovuje východiská, princípy a spôsoby regulácie sieťových odvetví pre vymedzené regulačné obdobie. Obsahom regulačnej politiky v oblasti teplárstva je výroba, distribúcia, dodávka tepla a elektrickej energie a s tým súvisiace služby alebo činnosti [7].

Regulačná politika stanovuje postupy Rady pre reguláciu a Úradu pre reguláciu sieťových odvetví v nadväznosti na právne predpisy [8]. Regulačná politika legislatívnou formou určuje rozmer regulácie na nasledujúce regulačné obdobie. Základné členenie priameho alebo nepriameho vplyvu regulátora môžeme definovať v oblastiach:

- cenotvorby,
- štruktúry palivovej základne,
- tempa a rozsahu investícií,
- vzťahov s odberateľmi,
- rozvoja nových služieb,
- rozširovania infraštruktúry,
- vstupu nových odberateľov na trh,
- voľbe technológií,
- úrovni efektívnosti,
- tvorby emisií.

Tepelná energia má oproti ostatným produktom energetiky, ako sú elektrická energia alebo plyn, určitú odlišnosť. V porovnaní trhových štruktúr sú komodity ako elektrina a plyn na trhu dostupné od rôznych dodávateľov/obchodníkov. Dostupnosť tepelnej energie je zvyčajne zabezpečovaná jedným dodávateľom. Umiestnenie firiem na trhu z teplom má charakter prirodzeného monopolu z dôvodu vlastníctva distribučných sietí jednou spoločnosťou, ktorá dodáva teplo a zároveň je aj jeho výrobcom. To čo majú tieto komodity spoločné, je práve existencia jednej distribučnej siete, ktorá je viazaná na transportovaný druh komodity. V takomto prípade môžeme hovoriť o segregácii firiem, ktoré delíme na dodávateľské/obchodné spoločnosti a distribučné spoločnosti. Z pohľadu vysokých nákladov na prevádzku distribučnej siete a jej výstavbu je prirodzená práve existencia jedného vlastníka, často s väčšinovým zastúpením štátu. Oproti teplu je elektrina a plyn dopravovaná na väčšie vzdialenosti medzi sieťami, v rámci krajiny aj medzi krajinami. Zmenou dodávateľa plynu a elektriny nie je dotknutý iný odberateľ týchto energií v porovnaní s dodávkou tepla, ktorá počíta s rozložením nákladov na straty pri distribúcií tepla ako aj samotnú výrobu tepla.

Na rozdiel od dodávky plynu a elektrickej energie je dodávka tepla význačná tým, že miesto výroby je v čo najkratšej vzdialenosti k miestu spotreby a vzdialenosť transportu tepelnej energie je zvyčajne v desiatkach kilometrov. Tepelná energia teda nie je obchodovateľná medzi jednotlivými krajinami a vnútornými sieťami práve z pohľadu špecifickej charakteristiky distribúcie tepelnej energie. Distribúcia tepla je príznačná vysokými stratami v súvislosti s charakteristikou prepravného média, dĺžkou distribučnej siete a kvalitou prepravného potrubia.

O spôsobe zásobovania teplom pre danú lokalitu rozhoduje samospráva. V rámci SR podľa zákona č. 657/2004 Z.z. o tepelnej energetike [9] je povinnosťou obce nad 2500 obyvateľov zabezpečiť koncepciu rozvoja obce v oblasti tepelnej energetiky [11]. V oblasti výstavby energetických stavieb vydáva obec záväzné stanovisko o súlade navrhovanej výstavby sústavy tepelných zariadení s celkovým inštalovaným tepelným výkonom do 10

MW. Oblasť výstavby energetických stavieb musí byť v súlade s koncepciou rozvoja obce v oblasti tepelnej energetiky [11,12].

S výrobou tepla úzko súvisí aj výroba elektrickej energie, čo je príznačné práve pre teplárenstvo. Kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie (KVET) vzniká expanziou pary alebo iných plynov, pričom časť energie je premenená pomocou mechanickej energie roztáčaním generátora na elektrickú energiu a zvyšná časť energie je dodávaná do distribučnej siete na pre uspokojenie potreby tepla. Využitie súbežnej výroby tepla a elektrickej energie je v súčasnosti najefektívnejší spôsob zabezpečenia dopytu po teple a elektrickej energie.

Zásobovanie obyvateľstva teplom je vykonávané systémom :

- Centralizované zásobovanie teplom (CZT) ktorého súčasťou sú teplárne, výhrevne, kotolne zásobujúce teplom viac ako jeden objekt.
- Decentralizované zásobovanie teplom (DZT) ktorého súčasťou sú individuálne domové kotolne, tepelné zdroje pre firmy.
- Kombinácia oboch systémov zásobovania teplom.

Elektrická energia je vykonávaná systémom:

- Dodávka do nadradenej distribučnej siete nízkeho napätia, vysokého napätia a veľmi vysokého napätia. Vlastníkom distribučnej siete nie je dodávateľ alebo výrobca elektrickej energie.
- Pomocou miestnej distribučnej siete MDS nízkeho napätia, vysokého napätia. Vlastníkom distribučnej siete je dodávateľ alebo výrobca elektrickej energie.
- Kombinácia oboch systémov dodávky elektrickej energie.

### Produkčná krivka v teplárenstve

Pre aplikáciu produkčnej funkcie v teplárenstve je potrebné definovať vyrábaný produkt umiestnený na trhu, ako aj vstupy potrebné pre jeho produkciu.

V súčasnosti teplárenstvo sleduje zvyčajne dve hlavné produktové línie, a to produkciu tepla a elektrickej energie. Hlavnou dopytovanou zložkou je teplo pre komunálne potreby a technologické procesy, ktoré bolo tiež dominantným produktom subjektov na trhu teplárenstva. Produkcia elektrickej energie však umožňuje týmto subjektom riešiť sezónne výkyvy v technologických procesoch.

Komunálna spotreba tepla je priamo závislá od vonkajších poveternostných vplyvov a technických charakteristík vykurovaných objektov. Tie svojou skladbou plášťa a využitím technických konštrukčných prvkov ovplyvňujú straty tepla, ktoré sú nahrádzané vykurovacím teplom.

V teplárenstve je dominantná výroba tepla využitím kombinovanej a vysoko účinnej kombinovanej výroby tepla a elektrickej energie. Produkcia elektrickej energie je priamo závislá od úrovne dopytu po dodaní tepla. Množstvo vyrobenej elektrickej energie môžeme vyjadriť vo vzťahu:

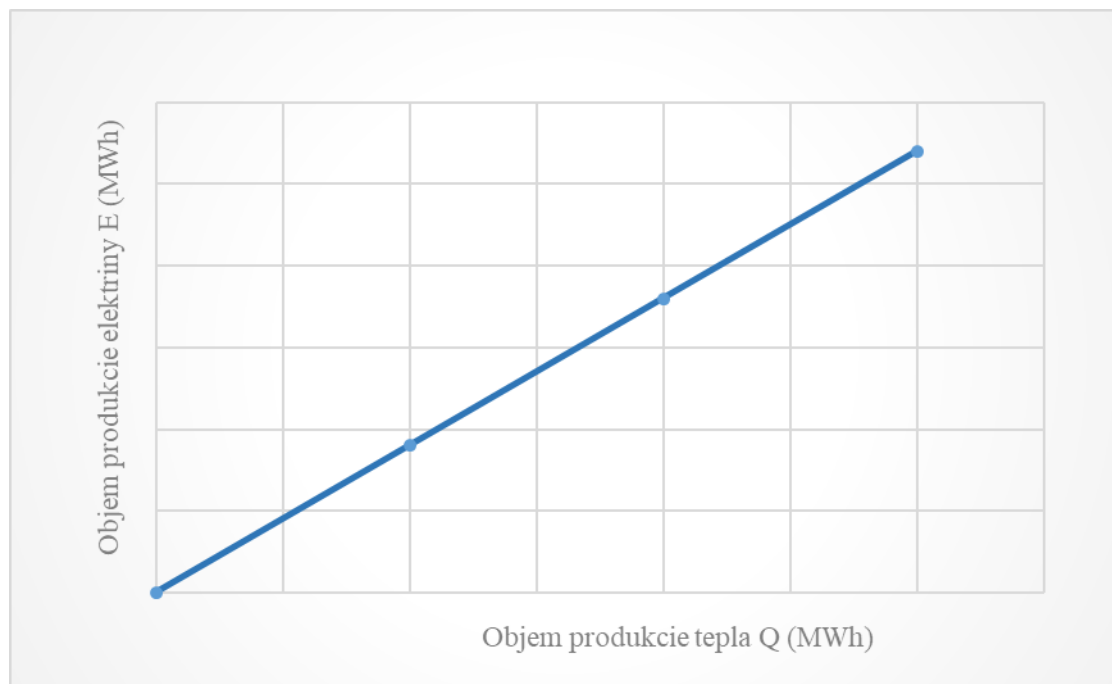
$$E = Q * C_{ACTUAL}$$

Kde:

E – výroba elektrickej energie

Q – výroba tepla

$C_{ACTUAL}$  – je pomer vyrobenej elektriny k teplu



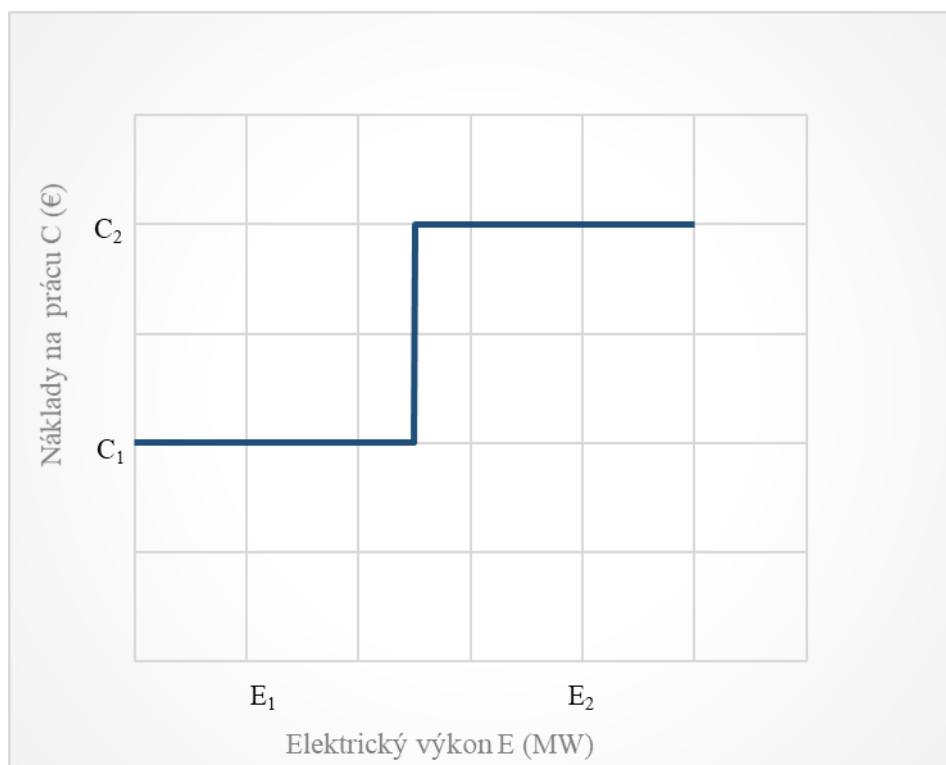
Obr. 1 Závislosť výroby elektriny od dodaného tepla

Pre zjednodušenie budeme v tomto prípade uvažovať o lineárnom vzťahu, kde  $C_{ACTUAL}$  je koeficient výroby, je uvedený pomer definovaný krivkou účinnosti, ktorej charakter vyplýva z druhu a samotného nastavenia použitej technológie.

Celkové príjmy sú v tomto prípade výsledkom vynásobenia jednotkovej ceny a množstva dodaného tepla a elektriny.

Pre stanovenie celkových nákladov TC sú identifikované vstupy potrebné na výrobu tepla a elektrickej energie, ktorými sú palivo, práca a ostatné vychádzajúce z riadenia a prevádzky technológie. Vzťah paliva a práce je striktné komplementárny.

Využitie práce ako vstupu je skokové. To znamená, že pre výrobu 1 až 50 MW, keď hovoríme priamo iba o riadiacom personáli, je potrebný beh 2 strojov, ktoré zabezpečuje obsluhu v počte  $C_1$ . Pre výrobu väčšieho množstva energie ako 50MW je potrebný beh ďalších strojov, čo vyžaduje ďalšiu obsluhu v počte  $C_2$  pre zvýšenie výkonového rozsahu. Uvedená situácia je znázornená na obrázku 2.



Obr.2 Práca podľa výkonového rozsahu

Keďže ide o prácu, ktorá je úzko špecifikovaná z pohľadu firmy, ktorá zamestnáva vysoko kvalifikovaný personál na riadenie technológie, je fixný náklad  $C$  započítaný počas celého obdobia nezávisle od aktuálneho objemu produkcie. Z tohto pohľadu sú náklady na prácu lineárne a platí:

$$C = (C_1 + C_2 \dots + C_N)$$

Využitie inputov pre produkciu je delený medzi výrobu tepla a výrobu elektrickej energie, kde časť paliva je využívaná na produkciu tepla a časť na produkciu elektrickej energie. Všeobecne platí:

$$M_{\text{pal}} = M_{\text{pal\_Q}} + M_{\text{pal\_E}}$$

$M_{\text{pal}}$  – celková spotreba paliva

$M_{\text{pal\_Q}}$  – spotreba paliva na výrobu tepla

$M_{\text{pal\_E}}$  – spotreba paliva na výrobu elektriny

Obdobne môžu byť delené všetky náklady podľa výstupu produkcie.

Spotreba paliva je rozdelená pomerom využitia paliva  $M_{\text{pal}}$  na výrobu tepla vyjadrená koeficientom  $B_q$ .

$$B_q = Q / M_{\text{pal}}$$

$B_q$  – koeficient spotreby tepla v palive na výrobu tepla

$M_{\text{pal}}$  – celková spotreba paliva

$Q$  – množstvo dodaného tepla

Pre určenie spotreby paliva na výrobu elektrickej energie použijeme pomerový koeficient  $B_e$ . Z uvedeného vyplýva:

$$B_e = 1 - B_q$$

Delenie spotreby paliva na výrobu tepla a elektrickej energie je nasledovná:

$$M_{\text{pal}_Q} = B_q * M_{\text{pal}}$$

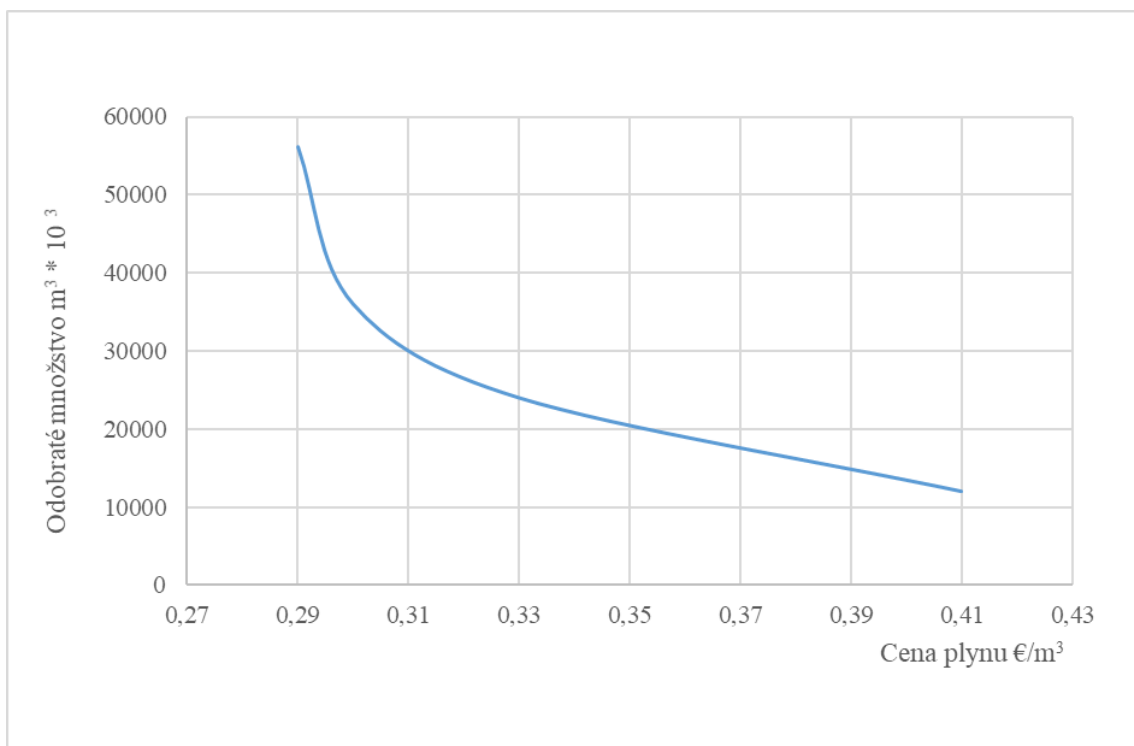
$$M_{\text{pal}_E} = B_e * M_{\text{pal}}$$

V takomto nastavení, by hľadanie optimálneho bodu produkcie s ohľadom na dosiahnutie maximálneho zisku  $Q_E$  bolo bezpredmetné, keďže zisk by neustále rástol s nárastom produkcie.

V reálnom prostredí je nárast nákladov na produkciu nelineárny. V teplárenstve sú výrobné náklady [10] delené medzi tieto hlavné nákladové položky:

- spotreba paliva
- spotreba elektrickej energie (nákup elektriny, poplatky za prevádzkovanie systému a systémové služby)
- poplatky za (emisie, spotrebu vôd, aditív, olejov a náplní)
- náklady na opravy
- spotrebné dane

Jednotlivé nákladové položky sú ďalej štruktúrované na ďalšie časti. Príkladom je spotreba paliva, konkrétne zemného plynu. Pri prepočte spotreby zemného plynu na obrázku 3 vidieť vplyv vývoja nákladov na  $\text{m}^3$ , kde pri zvyšovaní spotreby jeho cena klesá a pri znižovaní spotreby rastie.



Obr.3 Závislosť ceny a spotrebovaného objemu plynu pri cene za komoditu 23,0 €/MWh

Náklady na palivo sú vyjadrené fixnou, ako aj variabilnou zložkou ceny, ktoré majú vplyv na cenu paliva.

## Záver

Keď berieme do úvahy reálnu závislosť medzi nákladmi a samotným objemom výroby, hľadanie optimálneho bodu produkcie má z tohto pohľadu význam. Avšak je potrebné dodať, že dodávka a spotreba tepla je striktné závislá na vonkajších podmienkach, t.j. počasí. Firma teda nevie priamo ovplyvniť svoj objem produkcie tepla. Môže však ovplyvniť produkciu elektrickej energie a to práve radením druhu technológie s rôznou účinnosťou (technologickou charakteristikou do prevádzky). Keďže skladba technologických zariadení je variantná, a aj súvisiace náklady s ich využitím majú priamy vplyv na zisk firmy.

Najväčší problém teplárenských spoločností vyplýva z ich veľkosti v nadväznosti na vysoké investičné náklady na technológie. Využitie produkčnej funkcie má z tohto pohľadu význam pre dlhodobé plánovanie obnovy a technologickej modernizácie.

## Literatúra

- [1] LISÝ, J. A KOL.: *Ekonomía*, Wolters Kluwer, Praha 2016, ISBN 978-80-7552-275-7
- [2] SCHILLER, B.R.: *Mikroekonomía*. Computer press, ISBN 80-251-0169-x
- [3] ETZIONI, A.: The Capture Theory of Regulations—Revisited. *Society*. 2009, 46. 319-323. DOI: [10.1007/s12115-009-9228-3](https://doi.org/10.1007/s12115-009-9228-3)
- [4] FENDEKOVÁ, E., FENDEK, M.: *Mikroekonomía, oligopoly a regulované monopoly*, Wolters Kluwer, s.r.o. , 2018, ISBN 978-80-816-766-2
- [5] LISÝ, J. A KOL.: *Dejiny ekonomických teórií*, Bratislava 2018, ISBN 979-80-7598-080-9
- [6] VESELKOVÁ, A. A KOL.: *Mikroekonomía*, Sprint 2 s.r.o. Bratislava 2017, ISBN 978-80-89-710-34-8
- [7] Zákon č 250/2012 o regulácii v sieťových odvetviach. Dostupný na <https://www.slovlex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2012/250/20210101>
- [8] DEN HERTOOG, J.: General theories of regulation. Part of *Encyclopedia of Law and Economics*, s. 223 – 270, Economic Institute/CLAV, Utrecht University © Copyright 1999 Johan den Hertog. Dostupné na <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/19806>
- [9] Zákona č. 657/2004 Z.z. o tepelnej energetike. Dostupný na <https://www.slovlex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2004/657/20210101>
- [10] ÚRSO SR: Cenové rozhodnutia 2017-2021. Dostupné na <https://www.urso.gov.sk/cenove-rozhodnutia-2017-2021/>
- [11] MH SR: Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 – 2030 spracovaný podľa nariadenia EP A RADY (EÚ) Č. 2018/1999 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy. Bratislava. Október 2019, Dostupné na <https://www.mhsr.sk/uploads/files/zsrwr58v.pdf>
- [12] Európsky parlament, Rada Európskej únie: Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1999 z 11. decembra 2018 o riadení *energetickej únie* a opatrení v oblasti klímy, ktorým sa menia nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 663/2009 a (ES) č. 715/2009, smernice Európskeho parlamentu a Rady 94/22/ES, 98/70/ES, 2009/31/ES, 2009/73/ES, 2010/31/EÚ, 2012/27/EÚ a 2013/30/EÚ, smernice Rady 2009/119/ES a (EÚ) 2015/652 a ktorým sa zrušuje nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 525/2013 (Text s významom pre EHP). PE/55/2018/REV/1, Aktuálne



konsolidované znenie: 01/01/2021 Celexové číslo: 32018R1999. Dostupné na <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=sk>

### **Grantová podpora**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore projektu VEGA 1/0011/21 Výskum interakcií medzi novými emergentnými technológiami, výkonnosťou podnikov a odvetví založených na sieťovej technologickej infraštruktúre, uplatňovaním nových business modelov a inštitucionálnym regulačným, environmentálnym a sociálnym prostredím