

Alexander Mészáros, Patrik Jašňák

## Ekonomická efektívnosť bioplynovej stanice

Bioplynové stanice predstavujú vhodný decentralizovaný zdroj z hľadiska stability dodávok elektrickej energie a spätných vplyvov na elektrizačnú sústavu. Kombinovaná výroba elektriny a tepla môže konkurovať konvenčným zdrojom z hľadiska efektivity vynaložených investičných nákladov a zaručiť tak trvalo udržateľnú nízkouhlíkovú elektroenergetiku.

Kľúčové slová: biomasa; bioplyn; obnoviteľné zdroje energie; ekonomická efektívnosť

Biogas plants are appropriate decentralized resources for the stability of electricity supply and feedback effects on the electric power system. Combined heat and power production can compete with conventional sources in terms of the cost effectiveness of the investment costs and thus to ensure a sustainable low-carbon electricity industry. **(Economic efficiency of biogas plants)**

Keywords: biomass; biogas; renewable energy sources; economic efficiency

### I. ÚVOD

Zmena globálnej klímy, ktorú spôsobuje neustále zvyšovanie koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére v dôsledku ľudskej činnosti, je jedným z najvýznamnejších environmentálnych problémov v súčasnom svete. Narastajúca teplota vedie k zmenám v rôznych ekosystémoch, vrátane negatívnych vplyvov na život človeka.

Členské krajiny EÚ sa zaviazali, že do roku 2020 znížia emisie skleníkových plynov o 20 percent, zvýšia podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na 20 percent z konečnej spotreby energií a energetická spotreba sa tiež zníži o 20 percent v porovnaní s jej prognózovanou hodnotou v roku 2007.

Na dosiahnutie týchto cieľov je potrebné obmedziť spaľovanie fosílnych palív, zabrániť narastajúcemu odlesňovaniu, rozumné obrábať pôdu, hospodáriť s odpadom, šetriť s energiou, to znamená správať sa zodpovedne tak na strane výroby, ako aj na strane spotreby. Je nutné investovať do nových technológií, využívať OZE, stavať úsporné obydlia, preferovať moderný čistý priemysel, využívať ekologické dopravné prostriedky. Prechod k nízkouhlíkovej ekonomike je nielen veľkou príležitosťou, ale hlavne výzvou na zvyšovanie energetickej nezávislosti, vznik nových pracovných miest, ako aj rozvoj vedy a výskumu.

Zvyšovanie podielu OZE vo výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť primerané doplnkové zdroje, potrebné na krytie domáceho dopytu, je jednou zo základných priorít energetickej politiky SR. OZE prispievajú tiež k posilneniu a diverzifikácii štruktúry priemyslu a poľnohospodárstva, podporujú inováciu a rozvoj informačných technológií, otvárajú priestor pre nové smerovania a sú jedným z pilierov budovania znalostnej ekonomiky. Racionálny manažment domácich OZE je v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja, čím sa stáva jedným z pilierov zdravého ekonomického vývoja spoločnosti [1].

### II. PERSPEKTÍVY VYUŽÍVANIA OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV ENERGIE V SR

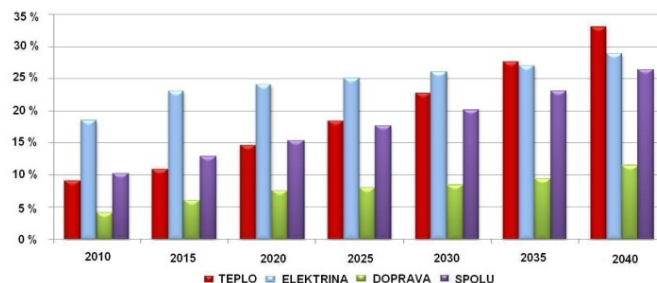
Využívanie OZE, predovšetkým s predpovedateľnou výrobou, okrem environmentálneho prínosu, zvyšuje sebestačnosť a tým aj energetickú bezpečnosť hospodárstva. Zvýšenie podielu OZE na spotrebe energií preto patrí medzi priority energetickej politiky SR.

Najväčší energetický potenciál z OZE na Slovensku má biomasa s teoretickým potenciálom až 120 PJ [2]. Biomasa predstavuje dôležitý potenciál aj pre rozvoj regionálnej ekonomiky.

SR má zvýšiť využívanie OZE v pomere ku hrubej konečnej energetickej spotrebe zo 6,7 % v roku 2005 na 14 % v roku 2020. Očakávaná celková spotreba OZE, ktorá sa má dosiahnuť v roku 2020, je približne 80 PJ. Pre rok 2012 je spotreba OZE na úrovni 50 PJ, čo predstavuje 11 % z hrubej konečnej energetickej spotreby.

Základným dokumentom vo vzťahu k dosiahnutiu cieľa 14 % je [1], ktorý predpokladá dosiahnuť 15,3 % využitie OZE v pomere ku hrubej konečnej energetickej spotrebe v roku 2020. Od vhodnej kombinácie OZE a nízkouhlíkových technológií sa očakáva znížovanie spotreby fosílnych palív, teda aj emisií skleníkových plynov.

Prioritou majú byť také technológie, ktorých využitie by viedlo k cenám energií blízky trhovým s ohľadom na prijateľnú konečnú cenu energie. V porovnaní s rokom 2010 sa má zvýšiť do roku 2040 podiel OZE na spotrebe energie z 10 % na 26 % (podľa metodiky vzťahujúcej sa k záväznému cieľu 14% pre rok 2020), v roku 2030 má tento podiel dosahovať 20 % (Obr. 1.).



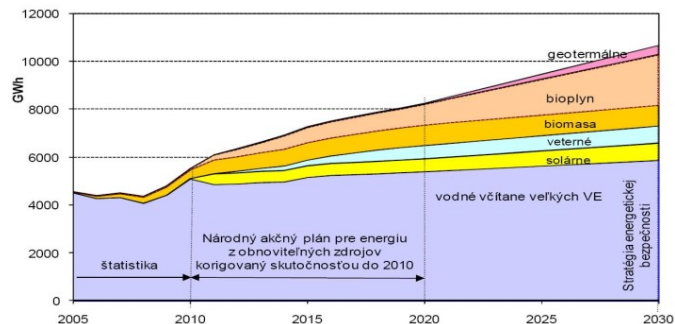
Obr. 1. Podiel OZE na spotrebe energie do roku 2040

Prioritou pre nasledujúce obdobie bude využívanie OZE hlavne na výrobu tepla. Kým v období od roku 2010 do roku 2040 sa predpokladá vzrast podielu elektriny z OZE na spotrebe elektriny z 19 % na 29 %, podiel využívania OZE na výrobu tepla sa má zvýšiť z necelých 10 % na viac ako 30 %.

Zákom č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby sa zlepšilo fungovanie trhu s elektrinou v oblasti OZE a vytvorilo stabilné podnikateľské

prostredie. Zákon zabezpečil dlhodobú garanciu výkupných cien na 15 rokov a zároveň určil smerovanie pri výrobe elektriny z OZE, pretože zvýhodnil výstavbu malých a decentralizovaných zariadení.

Akčný plán pre OZE predpokladá, že ich podiel na výrobe elektriny vzrastie z 19 % v roku 2010 na 24 % v roku 2020. Prognóza vývoja výroby elektriny z OZE podľa [2] je na Obr. 2.



Obr. 2. Prognóza vývoja výroby elektriny z OZE

Vzhľadom na priority bolo nutné pri novelizácii zákona zohľadniť skúsenosti z realizovaných projektov na základe dovtedajšej schémy podpory. Zmena legislatívy v oblasti podpory elektriny z OZE má vytvárať tlak na znižovanie nákladov na podporu a v prípade biomasy na jej efektívnejšie využívanie. Bolo potrebné, aby sa obmedzila podpora pre veľké projekty spaľovania biomasy, a bola zameraná iba na kombinovanú výrobu elektriny a tepla zo zdrojov s výkonom do 5 MW.

Vodné elektrárne zohrávajú významnú rolu v elektroenergetike SR, pretože pokrývajú 17 až 19 % spotreby elektriny. Na podporu rozvoja malých vodných elektrární (MVE) s výkonom do 10 MW bol schválený [3], tento dokument vytyčuje cieľ, dosiahnuť výrobu 850 GWh za rok s výhľadom do roku 2030.

Výstavba veterných elektrární by mala prebiehať na princípe tzv. reverznej aukcie, pri ktorej sa určí požadovaný inštalovaný výkon na dané obdobie a investori sa budú uchádzať o výstavbu s ponukou výkupných cien. Podmienkou zavedenia aukcií je kladné posúdenie možnosti výstavby veternej elektrárne na základe štúdie, ktorú si dala vypracovať spoločnosť SEPS, a.s.

Počas rokov 2010 a 2011 došlo k veľkému nárastu počtu fotovoltaičných elektrární, a koncom roka 2012 dosiahol ich inštalovaný výkon 524 MW. Aby sa zabránilo problémom v riadení elektrizačnej sústavy a eskalácii ceny elektriny, ďalšia výstavba bola obmedzená legislatívnou úpravou podpory. Do roku 2020 sa má úplne decentralizovať výroba elektriny zo slnečnej energie, ktorá bude slúžiť len na pokrytie energetických potrieb budov. Vzhľadom na aktuálny inštalovaný výkon slnečných elektrární a cenový vývoj technológií bolo nutné upustiť od dovtedajšej schémy výkupných cien, keďže nie je potrebné legislatívne podporovať inštalácie nad 10 kW.

Geotermálna energia sa v súčasnosti využíva len na účely vykurovania objektov a do roku 2020 sa nepredpokladá rozmach geotermálnych elektrární. Vzhľadom na teplotu vody je podpora smerovaná na využitie geotermálnej energie okrem výroby elektriny aj na výrobu tepla, nie je žiaduce podporovať výkupnými cenami len výrobu elektriny. Najväčší potenciál má geotermálny zdroj Ďurkov pri Košiciach, kde geotermálna voda s teplotou 130 °C dáva predpoklady aj na výrobu elektriny. SR má potenciál aj na energetické využívanie geotermálneho tepla tzv. suchých hornín.

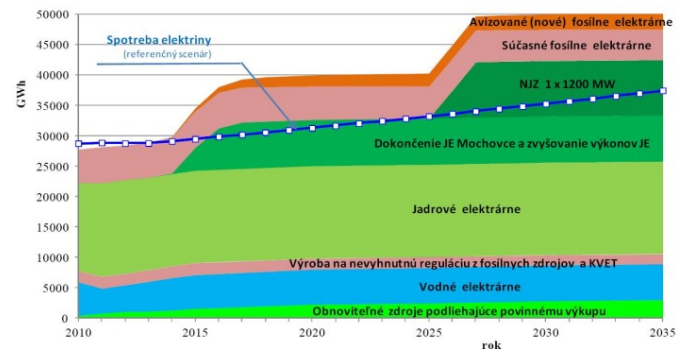
Budúci vývoj v zásobovaní elektrinou na území SR budú ovplyvňovať najmä: vývoj spotreby elektriny, vyradovanie dožitých a spúšťanie nových zdrojov elektriny, dostupnosť a vývoj cien surovín na výrobu elektriny, cena elektriny na trhu, vyššie náklady spojené s emisiami skleníkových plynov a znečisťujúcich látok, ceny nových výrobných technológií, vývoj v oblasti OZE a spôsobov výroby elektriny, ako aj vývoj v oblasti legislatívy (Tabuľka 1, Obr. 3).

TABUĽKA I

Predpokladaná výroba elektriny podľa jednotlivých druhov elektrární [2]

TWh	2015	2025	2035
Súčasná jadrové elektrárne	15,2	15,2	7,6*
Elektrárň Mochovce 3., 4. blok	3,8	7,6	7,6
Nový jadrový zdroj 1200 MW	-	-	9,1
<b>Jadrové elektrárne celkom</b>	<b>19,0</b>	<b>22,8</b>	<b>24,3</b>
<b>OZE vrátane vodných elektrární</b>	<b>7,1</b>	<b>8,3</b>	<b>8,9</b>
Súčasná fosilné elektrárne	7,9	7,0	6,6
Nové fosilné elektrárne	0,5	2,1	3,0
<b>Celkom</b>	<b>34,5</b>	<b>40,2</b>	<b>42,8</b>

\* - za predpokladu, že sa nepodarí predĺžiť životnosť EBO V2.



Obr. 3. Prognóza vývoja krytia spotreby elektriny [2]

Veľkosť prebytku disponibilného výkonu zdrojov elektriny na území SR bude závisieť od rozsahu výstavby ďalších nových systémových zdrojov elektriny v SR (Tabuľka 2). V oblasti rozvoja zdrojov sa počíta s obmedzenou výstavbou zdrojov na fosilné palivá, preto do bilancie sú zarátané iba menšie zdroje na báze zemného plynu s kombinovanou výrobou elektriny a tepla, realizované v rámci rekonštrukcií, ako náhrada dožitých blokov ktoré nevyhovujú novým emisným predpisom. S výstavbou veľkých paroplynových elektrární sa nepočíta z titulu ochrany ovzdušia uprednostnením bezuhlíkovej výroby v jadrových elektrárnach a z OZE, ako aj z titulu ich neohospodárnej prevádzky pri súčasných cenách zemného plynu. resp. elektriny.

TABUĽKA II

Predpokladaná bilancia medzi spotrebou a výrobou elektriny [2]

TWh	2015	2025	2035
Celková spotreba	29,5	33,2	37,4
Celková výroba	34,5	40,2	42,8*
Bilančné saldo (výroba – spotreba)	5,0	7,0	5,4

\* - za predpokladu, že sa nepodarí predĺžiť životnosť EBO V2.

Vysoký podiel jadrových elektrární môže mať limitujúci vplyv na regulačné schopnosti sústavy, treba tiež vyriešiť otázku obmedzovania prevádzky OZE a elektrární s kombinovanou výrobou, u ktorých je nutné potrebné rešpektovať povinný výkup elektriny. Prevádzka

fosílnych zdrojov bude naďalej nevyhnutná z hľadiska poskytovania podporných služieb.

### III. MOŽNOSTI VYUŽITIA BIOMASY

Podľa [5] je celkový potenciál OZE na Slovensku 96753 TJ/rok (resp. 26876 GWh/rok). Ak sa k tomu pripočítajú aj veľké vodné elektrárne, stúpne táto hodnota na 116816 TJ/rok (resp. 32449 GWh/rok). Pokiaľ ide o využitie potenciálu OZE len na výrobu elektrickej energie, konzervatívny odhad je 4506 GWh bez veľkých vodných elektrární (resp. 10 079 GWh/rok s VVE).

Najväčší podiel, až 35% z celkového technicky využiteľného potenciálu pripadá na biomasu s hodnotou 40453 TJ/r (11237 GWh/rok).

Predpokladaný nárast príspevku jednotlivých obnoviteľných technológií na výrobe elektriny podľa [1] je v tabuľke 3.

TABUĽKA III

Predpokladaný nárast výroby elektriny pomocou jednotlivých obnoviteľných technológií

	2010		2020	
	MW	GWh	MW	GWh
<i>Vodné elektrárne</i>	1622	4834	1812	5400
do 1 MW	25	75	60	179
1-10 MW	55	164	122	364
nad 10 MW	1542	4595	1630	4857
<i>Geotermálne zdroje</i>	0	0	4	30
<i>Fotovoltaika</i>	60	30	300	300
<i>Veterné elektrárne</i>	5	7	350	560
<b>Biomas</b>				
pevná	100	540	170	850
bioplyn	18	70	110	860
<i>Zariadenia na KVET</i>	118	610	280	1710
<b>Celkom</b>	<b>1805</b>	<b>5481</b>	<b>2746</b>	<b>8000</b>
<i>Prečerpávacie VE</i>	916	250	916	280

Z tabuľky je zrejme, že najväčší príspevok vo výrobe elektriny sa očakáva okrem veľkých vodných elektrární (asi 60 %) od zariadení na kombinovanú výrobu elektriny a tepla (KVET) – asi 20 %, na báze využitia biomasy, pričom najvýraznejší nárast sa predpokladá v prípade využitia bioplynu.

V našich podmienkach je reálne používať na energetické účely lesnú biomasu vrátane energetických porastov, poľnohospodársku biomasu, odpady z drevospracujúceho a potravinárskeho priemyslu a odpadovú biomasu z priemyselnej a komunálnej sféry.

Pod pojmom *lesná biomas* (často sa nešťastne označuje ako „drevený odpad“) sa rozumie hlavne zvyškové drevo a drevená hmota, ktorú nie je možné inak využiť, napr. z prerezávok, zvyšky po ťažbe, kalamitné drevo a pod. Spaľovať sa môžu priamo kusy dreva alebo – čo je z hľadiska manipulácie oveľa jednoduchšie – drevené štiepky. Výhrevnosť kusového dreva sa pohybuje okolo 14-17 MJ/kg v závislosti od jeho vlhkosti.

Inou možnosťou je zhuťovanie dreva pri vysokom tlaku a teplote bez pridania spojiva. S ohľadom na požadovaný pomer teploty, tlaku a „zotrvanie“ v tomto stave, využívajú sa pre zhuťovanie dezintegrovaného dreva technológie peletovania a briketovania. Takto možno v mnohých prípadoch získať ušľachtilé palivo v tvare a stave vhodnom tak pre transport, skladovanie, ako aj pre energetické využitie. Výhodou brikiet je, že ich možno spaľovať bez akýchkoľvek úprav vo všetkých otvorených systémoch spaľovania. Pelety možno vhodne spaľovať v špeciálnych kotloch, ale aj v kotloch na spaľovanie kusového dreva po určitých technických úpravách, prípadne v

jestvujúcich kotloch na hnedé uhlie. Výhrevnosť brikiet a peliet prevyšuje výhrevnosť hnedého uhlia (14-16 MJ/kg) a pohybuje sa v rozmedzí 17-19 MJ/kg.

Perspektívnym zdrojom palivovej biomasy sú *energetické porasty*, najmä tzv. energetické lesy, ktoré možno pestovať na málo produktívnych a imisiami poškodených poľnohospodárskych pôdach, plochách rekultivovaných skládok, resp. v nížinných lesných oblastiach. Pestuje sa hlavne vřba, široký sladký, laskavec, v niektorých krajinách aj konope.

*Biomas* z *poľnohospodárstva* (slama, rastlinné zvyšky) sa nachádza predovšetkým v najproduktívnejších poľnohospodárskych oblastiach Slovenska, pri pestovaní plodín, ako repka olejná, kukurica, obilniny. Medzi poľnohospodársku biomasu sa radí aj odpad z potravinárskeho priemyslu, napr. z lisovania olejov, ovocných plodov, výroby piva, liehu a pod. Vlhkosť čerstvej slamy sa pohybuje v závislosti na klimatických pomeroch v relatívne veľkom rozpätí 40 až 80 %. Pre energetické využitie je vhodná slama s vlhkosťou do 20 %. Priemerná výhrevnosť vysušenej slamy sa vo všeobecnosti udáva 14,2 MJ/kg. Využitelnou surovinou z viníc je hmota orezu viničných prútov. Významnejší výskyt využiteľných odpadov je v najväčších vinárskych oblastiach, ich využitie možno riešiť spolu s lesnou biomasou a odpadmi po spracovaní dreva.

Najväčším producentom využiteľnej *odpadovej biomasy* je drevospracujúci priemysel, tvorí viac ako 40% podiel na celkovom technicky využiteľnom potenciáli biomasy. Na tomto objeme sa podieľajú hlavne odpady po mechanickom spracovaní dreva a čierne lúhy po chemickom spracovaní dreva. Ich energetické využitie je miestne a časovo viazané na drevokombináty, ktoré vzhľadom na vysokú vlastnú spotrebu energie (elektrickej a tepelnej) majú vhodné podmienky pre budovanie vlastných energetických systémov na využitie drevených odpadov, pričom je reálna kombinovaná výroba elektrickej energie.

Pojem *odpadová biomas* z *priemyslu a komunálnej sféry* označuje komunálny drevený odpad, tuhý komunálny odpad a kaly z čistiarní odpadových vôd. Tuhý komunálny odpad (TKO) sa zneškodňuje predovšetkým spaľovaním. Zostávajúce množstvo TKO sa ukladá na skládkach. V tomto prípade je zaujímavou možnosťou energetické využívanie *bioplynu*, ktorý vzniká v skládke ako produkt rozkladu. V súčasnosti existujú v SR dve spaľovne TKO – v Bratislave a Košiciach. Do komunálneho odpadu možno zaradiť aj odpadovú biomasu vznikajúcu pri úprave zelene v intravilánoch obcí a ďalší drevený odpad vznikajúci napr. v stavebníctve – tento druh komunálneho odpadu možno energeticky využívať spolu s odpadovou biomasou z lesného hospodárstva a drevospracujúceho priemyslu.

Pri rozklade organických látok (hnoj, zelené rastliny, kal z čističiek odpadových vôd) v uzavretých nádržkách bez prístupu vzduchu vzniká bioplyn. Jeho využívanie na energetické účely je v podstate vhodné ako v prípade zemného plynu, len s malými špecifickými odlišnosťami.

Technológie na báze bioplynu boli v SR zavedené počas minulého storočia v rámci hygienických opatrení a tiež za účelom zníženia objemu a zápachu narastajúcich množstiev mestského odpadu. V súčasnosti sa zariadenia na výrobu bioplynu využívajú na výrobu energie a na recykláciu živín pri výrobe hnojív pre rastlinnú výrobu. Hlavným zdrojom surovín, ktoré sa spracovávajú v týchto zariadeniach na výrobu bioplynu, je hnoj a fytomasa z fariem, zvyšky rastlín a organický odpad z priemyslu, domácností a z oblasti služieb. Bioplyn je relatívne čistý zdroj energie. Odpad z jeho výroby predstavuje vysoko kvalitné organické hnojivo. Hoci hnoj zo

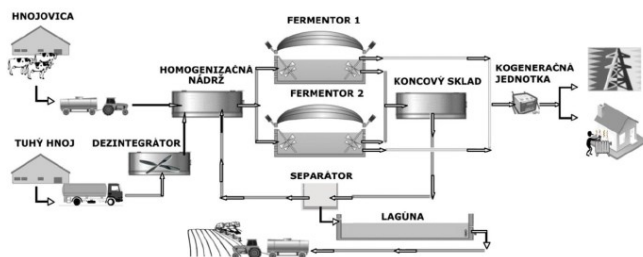
živočíšnej výroby sa veľmi často používa priamo na poliach, je pre pôdu oveľa výhodnejšie používanie odplyneneho hnoja. Pretože bioplyn vzniká pri hnití organických látok a odpadov neustále, jeho využitie na energetické účely takto predstavuje jeden z najekonomickejších spôsobov ekologického zneškodňovania odpadov. Priemerná výhrevnosť bioplynu je  $22 \text{ MJ/Nm}^3$ . Najväčšie využiteľné množstvá sú v oblastiach s najvyššími stavmi hospodárskych zvierat, najmä ošipaných a nosníc. V súčasnosti sa prevádzkujú a budujú poľnohospodárske bioplynové stanice s výkonom do  $1 \text{ MW}_e$ , kde sa elektrická energia dodáva do verejnej siete a teplo sa využíva na technologické účely prípadne sa vykurojú príslušné budovy. Počíta sa aj s vykurovaním skleníkov.

Medzi zdroje energie patria aj kaly z čistiarní odpadových vôd (ČOV). Plyn, ktorý sa z kalov získava, sa spaľuje v kogeneračných jednotkách, umožňujúcich kombinovanú výrobu elektrickej energie a tepla v jedinom zariadení.

#### IV. HODNOTENIE VYBRANÝCH PROJEKTOV BIOPLYNOVÝCH STANÍC

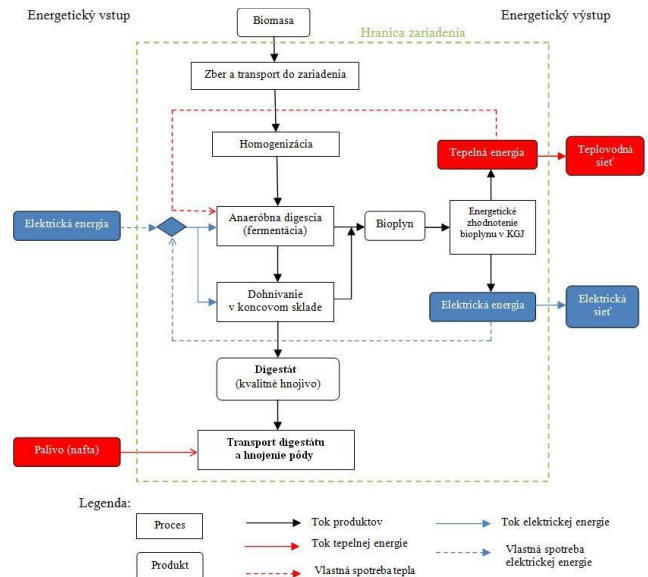
Aktuálny vývoj v poľnohospodárstve smeruje k diverzifikácii zdrojov príjmu v dôsledku nedostatočnej konkurencieschopnosti poľnohospodárskych družstiev. Primárne určenie poľnohospodárskej výroby sa transformuje z potravinárskej výroby na viacúčelovú teda aj nepotravinársku výrobu, čo zaručí udržateľný rozvoj poľnohospodárstva a vidieku. Práve rozšírenie činnosti poľnohospodárov o prevádzkovanie bioplynových staníc (BPS) a o pestovanie energetických plodín ako zdroja pre tieto zariadenia je jednou z možností ako vylepšiť budúcu udržateľnosť poľnohospodárstva. Skúsenosti z Rakúska či Nemecka, kde intenzívne prebieha realizácia BPS potvrdzujú pozitívny prínos pre vidiek a sú pre poľnohospodárov novým a stabilným zdrojom príjmov, vytvárajú a stabilizujú pracovné miesta, produkujú ekologickú energiu a kvalitné hnojivo. Významne tak prispievajú k ochrane životného prostredia a navyše k energetickej nezávislosti krajiny.

BPS sa skladajú zo vstupnej (homogenizačnej) nádrže, vyhnivacej nádrže (fermentora), ktorého súčasťou je obyčajne plynojem, výstupnej nádrže, ktorá je určená na skladovanie vyhnitého materiálu pred konečným využitím kogeneračnou jednotkou (KGJ), zariadením pre využitie odpadového tepla a ďalších pomocných zariadení na spracovanie a transport bioplynu na jeho energetické zužitkovanie. Schéma BPS je na obr. 4. Najdôležitejšou časťou každej BPS je fermentor. Konštrukčne sú fermentory riešené horizontálne alebo vertikálne. Horizontálne fermentory majú prednosť v možnosti inštalovania výkonných, funkčne bezpečných a energeticky úsporných mechanických miešadiel. Ich nevýhodou je potreba veľkého priestoru, nadmerná veľkosť povrchu nádrže v pomere k jej objemu a nemožnosť očkovania čerstvého substrátu bakteriálnou flórou vyhnitého materiálu.



Obr. 4. Prognóza vývoja krytia spotreby elektriny [6]

Nasledujúca bloková schéma na obrázku 5. opisuje energetickú bilanciu BPS. Vstupnou surovinou je biomasa (kukuričná siláž, trávna siláž, biologicky rozložiteľný odpad), ktorá je spracovaná kontinuálne procesom mokrej anaeróbnej fermentácie. Energetickými vstupmi sú tiež elektrická energia na pohon miešadiel a dopravníkov a palivo pre dopravu vyfermentovanej časti biomasy – digestátu.



Obr. 5. Energetická bilancia BPS [6]

Pre návrh bioplynovej stanice sa uvažovali tieto varianty:

Variant A – model BPS, ktorá produkované teplo využíva len na technologické účely, resp. vlastnú spotrebu – objekt v priestoroch poľnohospodárskeho družstva,

Variant B – model BPS, ktorá zvyškové teplo využíva nielen na vlastnú spotrebu, ale odpadové teplo dodáva priemyselným prevádzkam na technologické využitie, či vykurovanie objektov – objekt v priestoroch priemyselného parku.

Najšť vhodnú lokalitu pre výstavbu a prevádzku BPS nie je až také problematické ako je to v prípade iných obnoviteľných zdrojov, napríklad malej vodnej elektrárne či veternej elektrárne, kde sa z hľadiska umiestnenia existuje mnoho bariér. Vhodná lokalita môže byť kdekoľvek kde je možné získať povolenie na výstavbu od príslušných úradov, avšak pre maximalizáciu efektívnosti takéhoto projektu je vhodné využiť už existujúcu infraštruktúru. Vhodne navrhnutá poloha môže maximalizovať všetky výhody plynúce z realizácie projektu BPS.

Z hľadiska efektivity využitia infraštruktúry je potrebné zaistiť kontinuálny prísun vstupov a tiež vyvedenie elektrického výkonu a tepla. V prípade zabezpečenia kontinuity vstupných surovín je to možné vyriešiť vhodným dimenzovaním skladovacích priestorov. V prípade vyvedenia elektrického výkonu do sústavy to nie je až také jednoduché, pretože si investor nemôže vybrať miesto pripojenia do DS. Vhodné miesto pripojenia z hľadiska konfigurácie siete určí PDS až po podaní žiadosti o pripojenie zdroja na výrobu elektriny do DS. Efektívnosť využitia zvyškovej tepelnej energie tiež závisí od vzdialenosti miesta spotreby.

Navrhovaná BPS podľa variantu A bude prevádzkovaná na báze mokrej fermentácie spracovaním kukuričnej siláže a hnojovice hospodárskych zvierat. Prevádzka BPS bude spracovávať tiež vlastnú poľnohospodársku produkciu družstva. Výsledným produktom je

výroba digestátu – vysokohodnotného hnojiva, výroba elektrickej energie a jej dodávka do elektrickej siete a výroba tepla pre vlastnú spotrebu. Vstupnou surovinou do BPS môže byť tiež odpad živočíšneho a rastlinného pôvodu a bioodpad z odrezkov drevín a kosenia trávy resp. iné využiteľné odpady z priemyselnej výroby. Prevádzka bude automatická a monitorovaná centrálnym riadiacim systémom.

S navrhovaným umiestnením druhého variantu sa uvažuje v priemyselnej zóne, kde by sa využila už vybudovaná infraštruktúra. Na hranici zóny sa nachádzajú vzdušné vedenia 110kV a 22kV, 6 trafostaníc a elektrická stanica 110kV/22kV. Predpokladá sa využitie zvyškového tepla pre okolité prevádzky, ktoré ho môžu využiť pri svojich technologických procesoch, pre vykurovanie objektov alebo výrobu chladu formou trigenerácie. Priemyselná zóna sa nachádza v oblasti zameranej na poľnohospodársku výrobu čo znamená, že by bolo zaručené dostatočné zásobovanie vstupnými surovinami.

Požadované množstvo potrebného bioplynu pre chod zariadenia sa určí podľa normovanej spotreby bioplynu pre KGJ o výkone 1 MW [6], základné technologické parametre BPS sú uvedené v tabuľke 4, bilancia vyrobeného množstva elektrickej a tepelnej energie obidvomi variantmi v tabuľke 5.

TABUĽKA IV  
Základné technologické parametre BPS [6]

Základné parametre BPS		Variant A	Variant B
Inštalovaný výkon	elektrický	kW	1 000
	tepelný	kW	1 340
Produkcia bioplynu		m <sup>3</sup> /deň	10 080
Využitie zariadenia		h/r	8 250
		%	94,17
Vlastná spotreba BPS		%	4
Dodávka elektrickej energie		MWh	7 933
Výkupná cena elektriny		€/MWh	107,53
Technologická spotreba/dodávka tepla		%	15
Dodávka tepla		MWh	-
Cena tepla		€/MWh	49
Celkové vyrobené teplo		MWh	11 055

TABUĽKA V  
Bilancia elektrickej a tepelnej energie variantov A, B [6]

	Variant A	Variant B
elektrický výkon KGJ	1 MW	1 MW
využitie maxima výkonu	8 250 h	8 250 h
množstvo elektriny na svorkách generátora	8 250 MWh	8 250 MWh
straty + vlastná spotreba elektriny (4%)	8 250 x 0,04 = 330 MWh	8 250 x 0,04 = 330 MWh
množstvo elektriny dodanej do siete	7 920 MWh	7 920 MWh
výkupná cena za elektrinu	107,53 €/MWh	107,53 €/MWh
ročné tržby za predaj elektriny	7 920 x 107,53 = 851 637,6 €	7 920 x 107,53 = 851 637,6 €
tepelný výkon KGJ	1,34 MW	1,376 MW <sub>t</sub>
množstvo vyrobeného tepla	11 055 MWh <sub>t</sub>	11 352 MWh <sub>t</sub>
spotreba technologického tepla (15%)	11 055 x 0,15 = 1 658,25 MWh	11 352 x 0,15 = 1 703 MWh
nevyužitie odpadové teplo	9 391,75 MWh	-
teplo dodané zákazníkovi	-	11 352 - 1703 = 9 649 MWh
výkupná cena tepla	-	49 €/MWh
ročné tržby za predaj tepla	-	9 649 x 49 = 472 811 €
ročné tržby celkom	851 637,6 €	851 637,6 + 472 811 = 1 324 448,6 €

Na účely posúdenia ekonomickej efektívnosti projekty slúžia najčastejšie tieto ekonomické ukazovatele [7], [8]:

- čistý tok hotovosti po realizácii projektu na báze cash – flow (CF),
- diskontovaný tok hotovosti – diskontovaná hodnota cash – flow (DCF),
- doba návratnosti investície,
- čistá súčasná hodnota – NPV,
- vnútorné výnosové percento – IRR.

#### Investičné náklady projektu

Výška nákladov na realizáciu navrhovaných variantov bioplynových staníc sa bližšie špecifikuje podľa požiadaviek projektovej dokumentácie a úprav zadávateľa na základe údajov dodávateľa z cenovej špecifikácie. Pre variant A sa odhadujú investičné náklady vo výške 3,2 mil. eur, v prípade variantu B sú vyššie o 24 % kvôli nákladom na výmenníkovú stanicu tepla a teplovod.

Návrh financovania pre variant A uvažuje financovanie z vlastných zdrojov investora na začiatku výstavby vo výške 30% a neskôr dofinancovanie z úverových prostriedkov 70% investičných nákladov. Pre variant B je navrhované financovanie v pomere 40% vlastné zdroje a 60% cudzie zdroje, čiže úver z banky. Čím vyšší je podiel cudzích zdrojov tým vyšší je výnos z vlastného kapitálu pri rovnakej úrokovej sadzbe.

Uvažuje sa s úrokovou sadzbou 5 % a časom splatenia úveru 10 rokov.

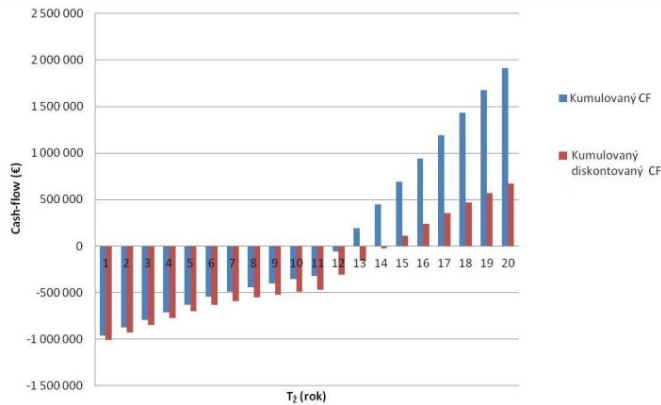
#### Prevádzkové náklady projektu

Ide o náklady, ktoré slúžia na zabezpečenie chodu zariadenia. Prevádzka zariadenia si vyžaduje trvalú pracovnú silu na manipuláciu s materiálmi. Navrhované zariadenia uvažujú s jedným zamestnancom, ktorého náplňou práce je manipulácia so substrátom a odpadmi a tiež dozor nad prevádzkou zariadenia počas pracovnej doby. Ďalšími nákladmi sú servis a údržba KGJ a mechanických zariadení ako sú dopravníky, čerpadlá, miešadlá. Náklady na fond opráv slúžia ako rezerva v prípade neočakávaných výdavkov. Pre oba varianty sa uvažujú rovnaké ročné prevádzkové náklady v celkovej výške 60 000 eur na rok.

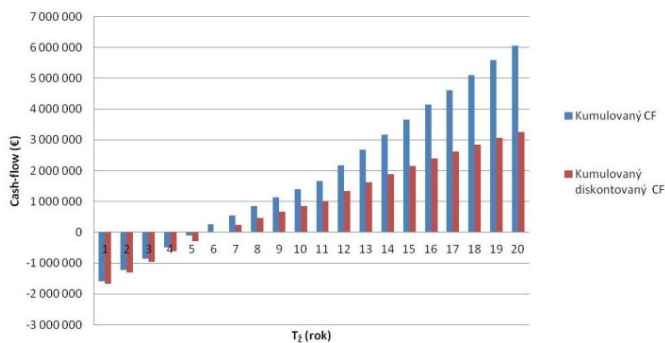
#### Výpočet toku hotovosti

Pri určení cash flow v prípade obidvoch variantov sa uvažovalo so zrýchleným odpisovaním, kde jednotlivé položky boli rozdelené podľa odpisovej skupiny na technologickú časť (generátory, miešadlá, zdvíhacie a dopravné zariadenia) a stavebnú časť (budovy, sklady digestátu, fermentory, silážne žľaby). Technologická časť patrí do 3. odpisovej skupiny s odpisovaním po dobu 12 rokov a stavebná časť do 4. odpisovej skupiny s odpisovaním po dobu 20 rokov. Na základe daňových prázdni sa prvých 5 rokov neuvažuje daň s príjmu. Do celkových nákladov boli zahrnuté prevádzkové náklady, náklady na palivo – substrát, odpisy a poplatok za prístup do siete (G-komponent). Pri určení celkovej ceny za vstupnú surovinu sa uvažovalo s nasledovnými cenami: cena kukuričnej siláže 25 €/t pre variant A a 35 €/t pre variant B, cena odrezkov cukrovej repy 25 €/t. Celková cena za vstupný substrát v prípade variantu A vo výške 465 tis. €/rok, v prípade variantu B vo výške 637 tis. €/rok.

Na obr. 6. a 7. je znázornený priebeh toku hotovosti pre varianty A a B bez diskontovania aj s diskontovaním. Priebeh bez diskontovania udáva tzv. hrubú návratnosť, priebeh s diskontovaním tzv. čistú návratnosť projektu.



Obr. 6. Priebeh toku hotovosti pre variant A [6]

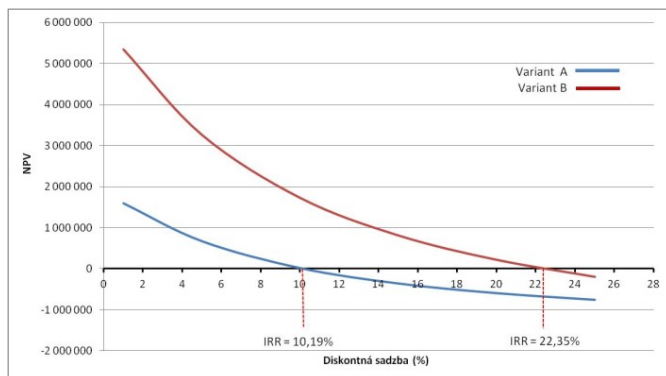


Obr. 7. Priebeh toku hotovosti pre variant B [6]

Na základe výšky čistej súčasnej hodnoty variantu A, ktorá je aj v prípade uvažovania diskontu väčšia než nula, možno projekt odporučiť na realizáciu. Na základe priebehu cash-flow možno určiť dobu návratnosti investície, ktorá je bez uvažovania činiteľa času na úrovni 13 rokov, v prípade uvažovania činiteľa času na úrovni 15 rokov.

Podobne, aj v prípade variantu B je čistá súčasná hodnota väčšia než nula a odporúča sa realizácia projektu. Doba návratnosti investície možno určiť na základe grafického zobrazenia cash-flow, je na úrovni 6 rokov a diskontovaná doba návratnosti na úrovni 7 rokov.

Závislosť na obr. 8 poukazuje na vplyv diskontnej sadzby na čistú súčasnú hodnotu, zároveň slúži na porovnanie navrhovaných variantov.



Obr. 8. Závislosť NPV od diskontnej sadzby [6]

Priesečník priebehov NPV s vodorovnou osou udáva maximálnu výšku diskontnej sadzby, pri ktorej je ešte hodnotený variant ekonomicky efektívny.

## V. ZÁVER

V prvej časti článku sa analyzuje energetická situácia v SR s poukazovaním na perspektívy využitia OZE, hlavne na výrobu elektriny. Ďalšia časť je zameraná na možnosti biomasy, keďže okrem veľkých vodných elektrární má najväčší potenciál, hlavne na účely KVET, pričom do r. 2020 sa bude zvyšovať najrýchlejšie podiel bioplynu.

V návrhu variantných riešení sa uvažovalo s dvomi variantmi bioplynovej stanice. Hlavným rozdielom bola možnosť zhodnotenia odpadového tepla v prípade variantu B. Porovnávané varianty mali takmer identické technologické parametre, líšili sa len v investičných nákladoch a nákladoch na vstupné suroviny. Odlišnosti boli spôsobené rôznym umiestnením a charakterom prevádzky z pohľadu vstupných surovín, kde v prípade prvého variantu bolo plánované využitie odpadov z poľnohospodárskej výroby a v prípade druhého variantu bolo plánované využitie cielene pestovanej biomasy na energetické účely.

Bioplynové stanice predstavujú vhodný spôsob diverzifikácie energetických zdrojov a prispievajú tak k znižovaniu závislosti na dovoze fosílnych palív. Prispievajú tiež k zlepšeniu regionálnej ekonomiky a zvyšovaniu pracovných miest. Avšak súčasne s rozvojom bioplynových staníc musí prebiehať aj rozvoj ES SR, pretože BPS predstavujú decentralizovaný zdroj, ktorý pôsobí určitými spätnými vplyvmi na sústavu, ktorá bola primárne určená pre centralizovanú výrobu elektrickej energie.

## POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0388/13.

## LITERATÚRA

- [1] Uznesenie vlády SR č. 677/2010, "Národný akčný plán pre obnoviteľné zdroje energie".
- [2] "Návrh energetickej politiky Slovenskej republiky", Ministerstvo hospodárstva SR, 2013.
- [3] Uznesenie vlády č. 178/2011, "Konceptia využitia hydroenergetického potenciálu vodných tokov SR do roku 2030". Ministerstvo životného prostredia SR.
- [4] Uznesenie vlády č. 347/2013, "Konceptia rozvoja výroby elektriny z malých obnoviteľných zdrojov energie v SR".
- [5] A. Fáber et al., "Atlas využívania obnoviteľných zdrojov na Slovensku", Energetické centrum Bratislava. 2012. 317 s., ISBN 978-80-969646-2-8.
- [6] P. Jašňák, "Analýza možnosti uplatnenia OZE v podmienkach ES SR", Diplomová práca. Košice: KEE FEI TU, 2014. 77 s.
- [7] J. Knápek, J. Vašíček, "Ekonomické aspekty využívání OZE", in: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. ČEZ, a.s., Praha, 2007. s. 151-172.
- [8] A. Mészáros, "Ekonomika elektroenergetiky", Košice: TU-FEI, 2013. 117 s., ISBN 978-80-553-1512-6

## ADRESY AUTOROV

Alexander Mészáros, Technická univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Másiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Alexander.Meszaros@tuke.sk](mailto:Alexander.Meszaros@tuke.sk)  
 Patrik Jašňák, Technická univerzita Košice, elektroenergetiky, Másiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Patrik.Jasnak@student.tuke.sk](mailto:Patrik.Jasnak@student.tuke.sk)