



Suchá fermentácia - efektívny spôsob zhodnocovania biologicky rozložiteľných odpadov

Ján Gaduš – Tomáš Giertl

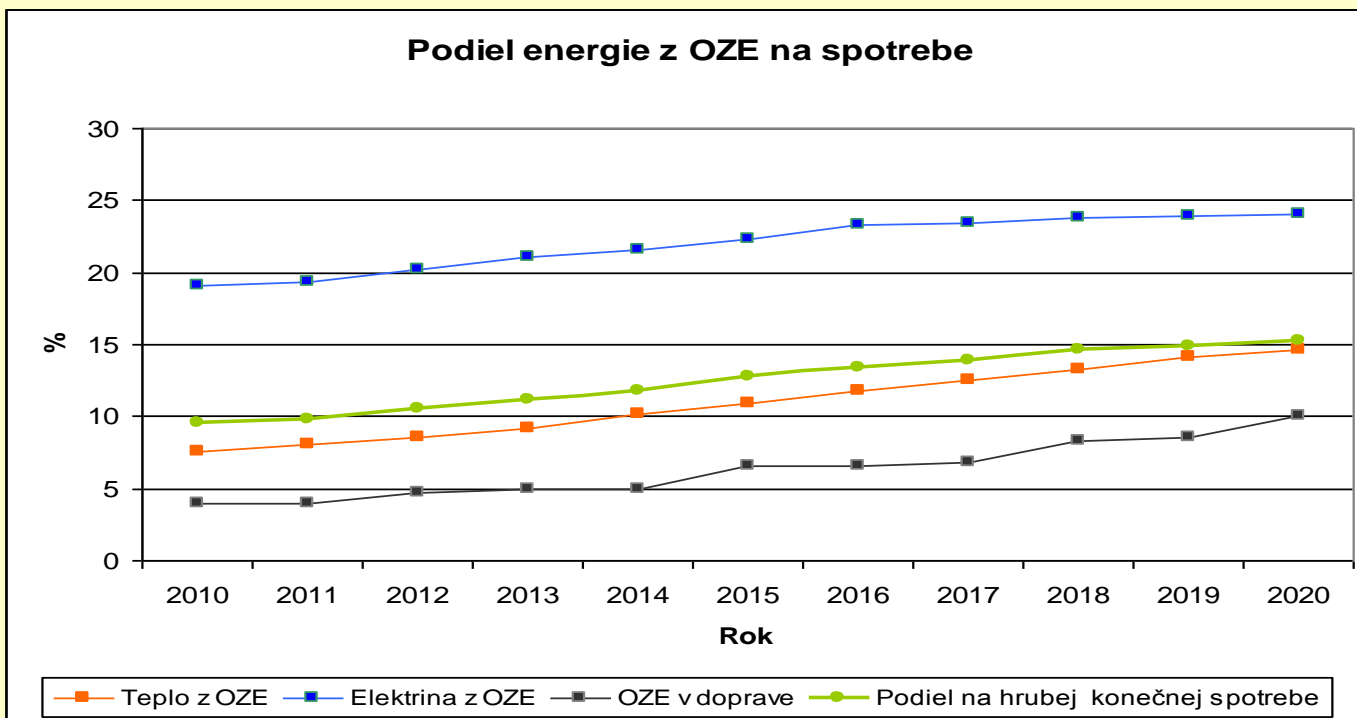
***Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FEŠRR,
Centrum výskumu bioenergie***

E-mail: Jan.Gadus@uniag.sk, Tomas.Giertl@uniag.sk

Kolárovo – 30.06.2015

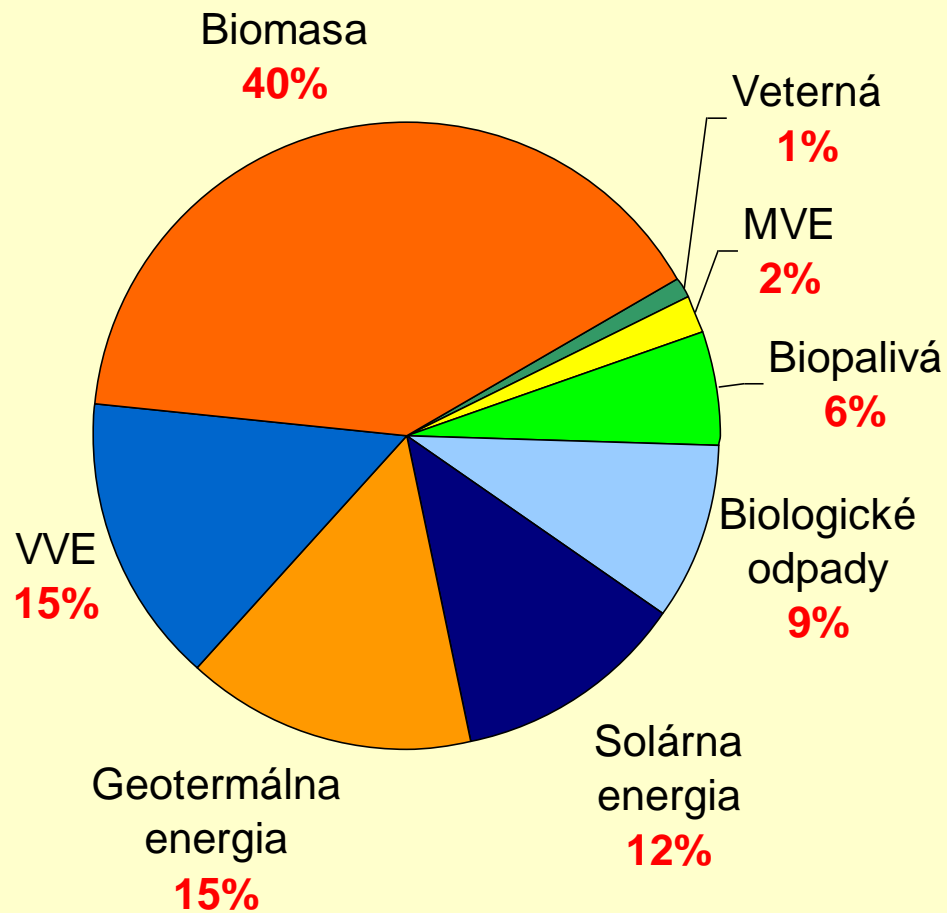
1 Úvod

Využívanie obnoviteľných zdrojov okrem environmentálneho prínosu zvyšuje aj sebestačnosť, resp. energetickú bezpečnosť republiky, preto zvyšovanie podielu OZE na výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť primerané doplnkové zdroje potrebné na krytie domáceho dopytu je jednou z priorit energetickej politiky SR.



Zdroj: MH SR, Východiská energetickej politiky Slovenskej republiky, jún 2012

Graf : Zastúpenie foriem OZE na Slovensku



2 Potenciál biomasy pre výrobu bioplynu

Bioplyn a bioplynové systémy predstavujú energetické zdroje s vysoko pozitívnymi prínosmi pre ochranu a tvorbu životného prostredia.

Hoci bioplyn nie je schopný nahradiť fosílnu palivá z ich dominantného postavenia na trhu s energonosičmi, má na rozdiel od nich široké perspektívy pre využitie v budúcnosti. Bioplynové systémy v rôznych alternatívnych usporiadaniach predstavujú plne obnoviteľné zdroje, transformujúce a spolu využívajúce energiu Slnka.

Významný podiel energeticky využiteľnej biomasy je produkovanej v poľnohospodárstve a potravinárstve.

Poľnohospodárska veľkovýroba – najväčší producent biologických „odpadov“.

Potenciál biomasy z komunálneho odpadu

Na Slovensku bolo v roku 2010 celkove 127 legálnych skládok odpadu. Vývoj počtu skládok za roky 2002 až 2010 ukazuje nasledovná tabuľka.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Skládky odpadov na nebezpečný odpad	16	15	13	12	14	13	13	17	12
Skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný	119	124	131	130	128	123	114	106	98
Skládky odpadov na inertný odpad	19	21	21	19	18	15	16	13	17
Spolu	154	160	165	161	160	151	143	136	127

Zdroj: Slovenská agentúra životného prostredia

Priemerné zloženie komunálneho odpadu v SR

Druh	Percentuálne zastúpenie (%)
Biologicky rozložiteľné odpady	38
Odpady z papiera	13
Odpady zo skla	8
Odpady z plastov	7
Nebezpečné zložky	1
Kovy	3
Zvyšok	30

Zdroj: MŽP, Slovenská agentúra životného prostredia

Kvantitatívne vyjadrenie zloženia komunálneho odpadu v SR za roky 2002 – 2008 (t)

Druh	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Bioodpady	579 274	607 763	560 547	592 140	616 856	634 086	680 463
Papier	198 173	207 919	191 766	202 574	211 030	216 924	232 790
Sklo	121 952	127 950	118 010	124 661	129 865	133 492	143 255
Plasty	106 708	111 956	103 259	109 078	113 631	116 805	125 348
Nebezpečné zložky	15 244	15 994	14 751	15 583	16 233	16 686	17 907
Kovy	45 732	47 981	44 254	46 748	48 699	50 059	23 721
Zvyškový odpad	457 321	479 813	442 537	467 479	486 992	500 594	537 207

Zdroj: MŽP, Slovenská agentúra životného prostredia

Na Slovensku vzniklo v roku 2009 v priemere na obyvateľa 321 kg komunálnych odpadov.

PRODUKCIA EXKREMENTOV PODĽA DRUHU HOSPODÁRSKYCH ZVIERAT (r. 2009)

Druh zvierat	Počet, ks.	Produkcia exkrementov v t.rok⁻¹	Produkcia org. sušiny v t.rok⁻¹
Hovädzí dobytok	472 000	8 543 160	640 700
Ošípané	740 900	1 182 600	83 960
Hydina	11 228 100	673 682	101 050
Spolu		10 399 442	825 710

Zdroj: TSÚP Rovinka

VÝMERY VYUŽÍVANEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY

- Celková výmera poľnohospodárskej pôdy 2 432 979 ha
- Výmera využívanej poľnohospodárskej pôdy 1 930 348 ha

- Celková výmera ornej pôdy 1 429 040 ha
- Výmera využívanej ornej pôdy 1 351 779 ha

- Celková výmera TTP 881 283 ha
- Výmera využívaných TTP 523 609 ha

MOŽNÝ POČET ENERGETICKÝCH ZARIADENÍ PODĽA KRAJOV

- Zariadenie na spaľovanie biomasy s výkonom 500 kW s ročnou spotrebou 600 ton biomasy na spaľovanie,

- Bioplynová stanica o výkone 350 kWe s ročnou spotrebou 40 000 ton exkrementov

Kraj	Počet zariadení ks	
	na spaľovanie	BPS
Bratislavský	362	8
Trnavský	1 526	50
Trenčiansky	461	28
Nitriansky	2734	52
Žilinský	317	33
Banskobystrický	1 028	41
Prešovský	655	41
Košický	1230	27
SR spolu	8 313	280

Zdroj: TSÚP Rovinka

POČET BIOPLYNOVÝCH ZARIADENÍ NA SLOVENSKU PODĽA KRAJOV

- **Počet BPS v prevádzke a vo výstavbe na Slovensku v roku 2013 – 92 BPS**
- **Žiadna neprodukuje biometán**

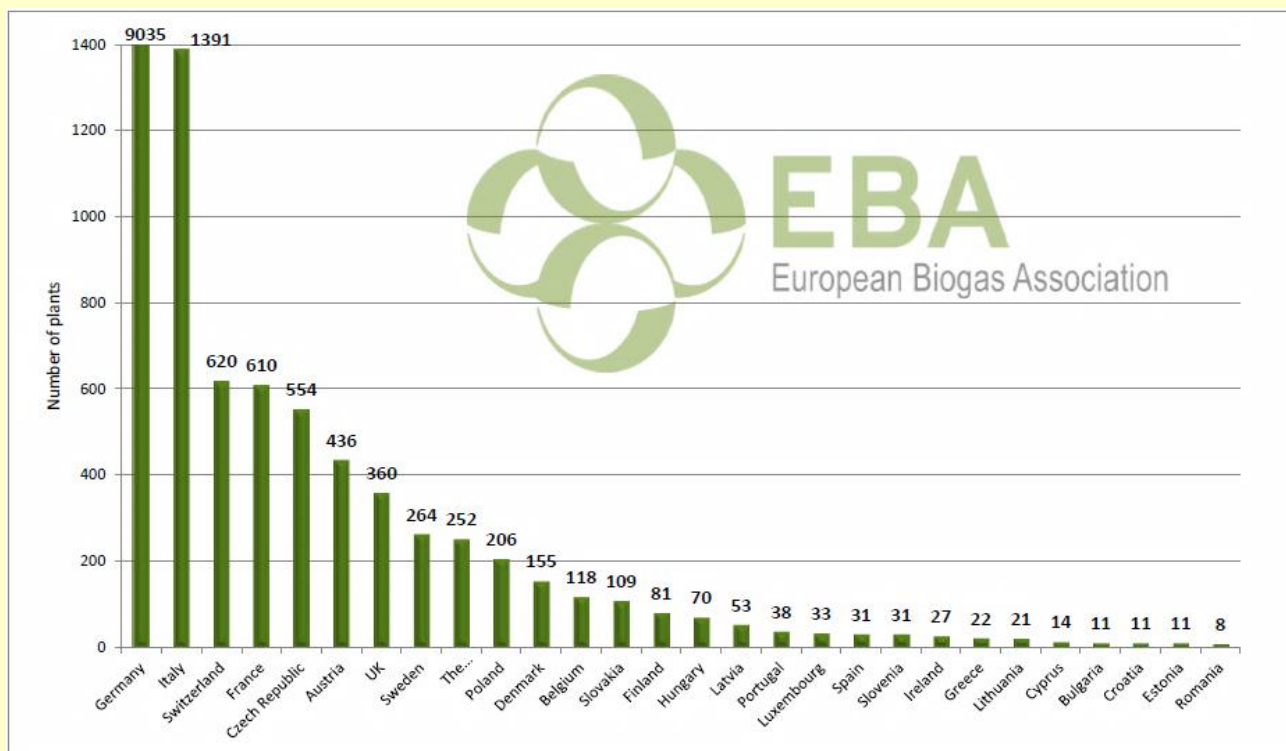
Kraj	Počet BPS	Spolu kWe
BA	2	1 199
TT	20	19 541
TN	10	9 273
NR	21	17 006
ZA	4	4 616
BB	22	28 391
PO	9	8 025
KE	4	3 597
Spolu	92	91 684

Rozvoj inštalácií bioplynových zariadení na Slovensku zaznamenávame až po roku 2009, kedy bol prijatý zákon 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Pôvodne, ale podpora poznala len dve výkonové kategórie BPS a to do 1 MW inštalovaného elektrického výkonu a nad 1 MW, čo spôsobilo, že priemerný inštalovaný výkon bioplynovej stanice na Slovensku je 0,943 MW (109 inštalácii v roku 2014). Pre porovnanie v Nemecku je priemerný inštalovaný výkon 0,4 MW. Pre dosahovanie čo najlepších ekonomických výsledkov ako vstupný substrát do BPS na Slovensku sa preto využíva z viac ako 85% kukuričná siláž, čo určite nie je uspokojivé.

Okrem uvedených BPS je na Slovensku vybudovaných 45 anaeróbných bioplynových koncoviek na ČOV (celkový počet ČOV 587).

Na 18 ČOV sú nainštalované aj kogeneračné jednotky s celkovým inštalovaným výkonom 3,3 MWel.

Európska bioplynová asociácia (European Biogas Association - EBA) vo zverejnenej „Bioplynovej správe 2014“ (Biogas Report 2014) konštatuje, že počet inštalácií bioplynových staníc neustále rastie a v roku 2013 dosiahol v EÚ počet viac ako 14 500. Prehľad inštalácií v jednotlivých členských krajinách EÚ ukazuje prevzatý graf zo spomínanej správy, ktorý je vidieť na obr.



14 563 biogas plants in Europe with total installed capacity of 7 857 MWeI (2013)

Zdroj: Biogas Report 2014, EBA

Ročné využitie inštalovaného výkonu

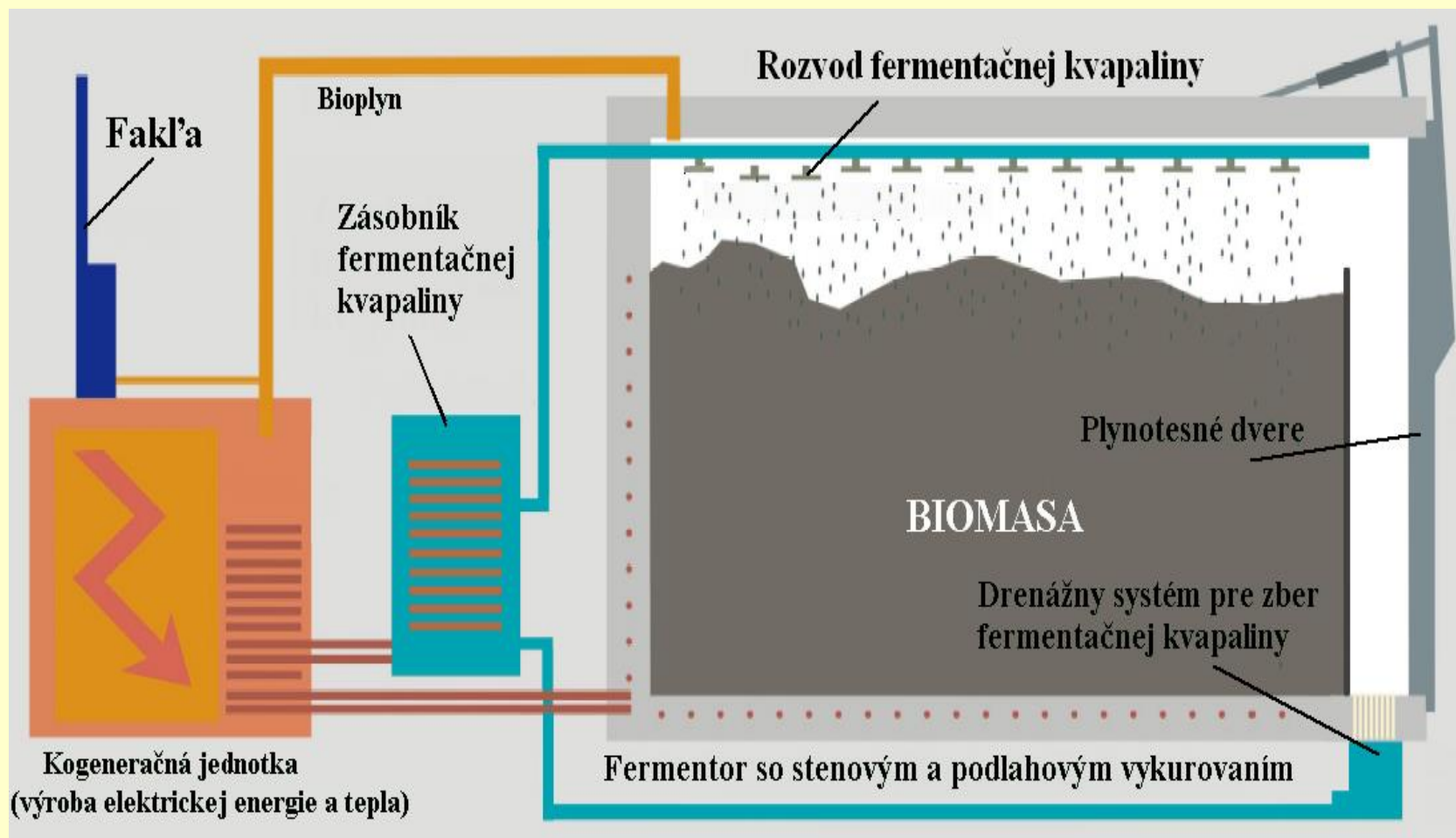
Koef.roč. využitia energet. zdroja	Vodné elektrárne	Fotovoltaika	Veterné elektrárne	BPS „staré „	BPS „nové „ (8000Mh)	Jadrové elektrárne
Ky	0,28	0,11	0,13	0,50	0,92	0,82
Dni/rok	102	40	47	182	332	299

3 Technológia suchej fermentácie

Technológia suchej fermentácie je perspektívnou koncepciou produkcie bioplynu vhodnou pre efektívne využívanie najmä tuhej biologicky rozložiteľnej odpadovej biomasy, ale aj zasiláňovaných energetických rastlín (s obsahom sušiny až do 50% - 60%).

Výhodou tejto technológie je jednoduchá konštrukcia zariadenia, ktorá nevyžaduje energeticky náročné miešanie a čerpanie substrátov, čo výrazne zvyšuje efektívnosť prevádzky.

Obr. Schéma bioplynového zariadenia na princípe suchej fermentácie



Rozdiely „suchej“ a „mokrej“ fermentácie

Mokrú

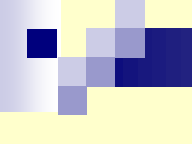
- *Sušina 6-10%*
- *Plnenie čerpadlami, resp. záv. dopravníkmi*
- *Kontinuálny proces*
- *Valcovité fermentory*
- *Miešanie biomasy v priebehu procesu*
- *Tisíce „mokrých“ BPS po celom svete*
- *Desiatky „mokrých“ BPS v SR*

Suchá

- *Sušina 20-50%*
- *Plnenie nakladačom*
- *Diskontinuálny proces*
- *Garážovité fermentory s plynotesnými vrátami*
- *Bez miešania biomasy v priebehu procesu*
- *Niekoľko desiatok „suchých“ BPS prevažne v Nemecku*
- *Len dve „suché“ BPS v ČR, jedna experimentálna na Slovensku*

Prednosti „suchej“ fermentácie

- ***vhodné pre biomasu s vyšším obsahom sušiny***
- ***vhodné pre získavanie energie z bioodpadov***
- ***nižšia vlastná spotreba elektriny***
- ***jednoduché rozširovanie zariadenia,***
- ***biomasu nie je nutné pred vstupom do fermentorov drviť, separovať alebo inak upravovať,***
- ***niekoľko fermentorov – nehrozí kolaps celej stanice***
- ***nižšia poruchovosť stanice***



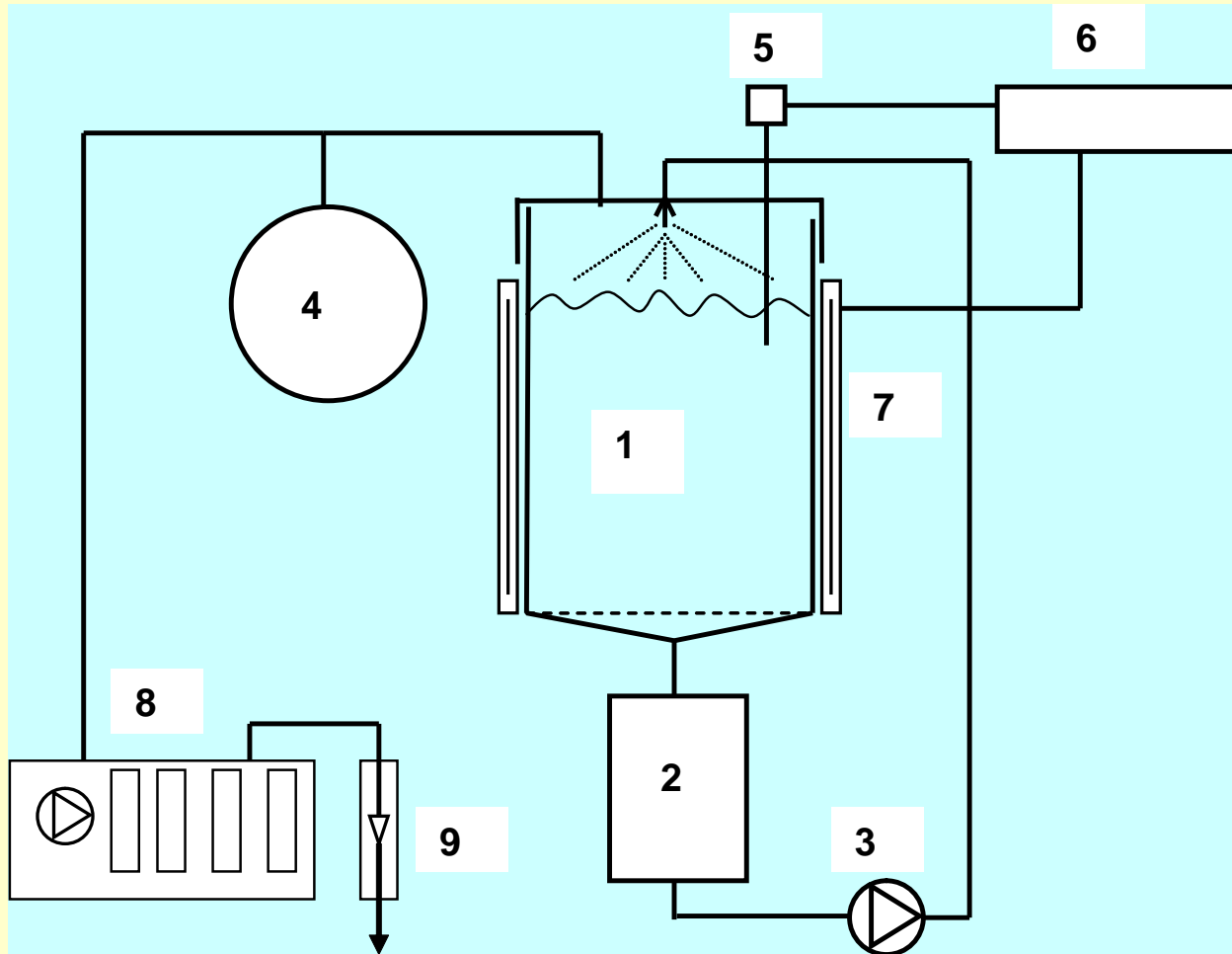
Za účelom realizácie experimentov s technológiou suchej fermentácie bolo na SPU v Nitre navrhnuté a vyrobené experimentálne zariadenie.

Celkové usporiadanie experimentálneho zariadenia je vidieť na schéme , kde sú znázornené hlavné časti a tok perkolátu a bioplynu.

Prečerpávanie perkolátu - riadené automaticky v pravidelných časových intervaloch.

Teplota vo fermentore - udržiavaná elektrickým odporovým ohrevom, kontrolovaná bola snímačom teploty a automatickým regulátorom nastaveným na teplotu $40 \pm 1^\circ\text{C}$.

Obr. Celkové usporiadanie experimentálneho zariadenia



Vysvetlivky:

- 1 - fermentor
- 2 - nádrž na perkolát
- 3 - čerpadlo perkolátu
- 4 - plynojem
- 5 - snímač teploty
- 6 - regulátor teploty
- 7 - ohrev fermentora
- 8 - analyzátor bioplynu
- 9 - prietokomer

Obr. Pohľad na zariadenie pre suchú fermentáciu





Biomasa po vyfermentorvaní



Prvá kontajnérová BPS na suchú fermentáciu na Slovensku – Bratislava Trnávka 2 x 30 m³

Kontajnérový fermentor na suchú fermentáciu s objemom 2 x 50 m³

Sledované parametre

- ***Substrát pred dávkovaním do fermentora:***

hodnota pH,

teplota,

sušina TS (%),

OTS (% TS),

chemická spotreba kyslíka COD

- ***Bioplyn:***

vyprodukovaný objem bioplynu

obsah CH₄, CO₂, O₂, H₂S

Obr. Meranie analyzátorom bioplynu MADUR



Výsledky

Experiment so substrátom zloženým z čiastočne triedeného a dezintegrovaného biologicky rozložiteľného komunálneho odpadu v množstve 15,6 kg a z 10,4 kg fermentátu (ozdobnica čínska z predchádzajúceho fermentačného cyklu) bol uskutočnený - od 25.3. do 29.4.2013, t.j. 36 dní.

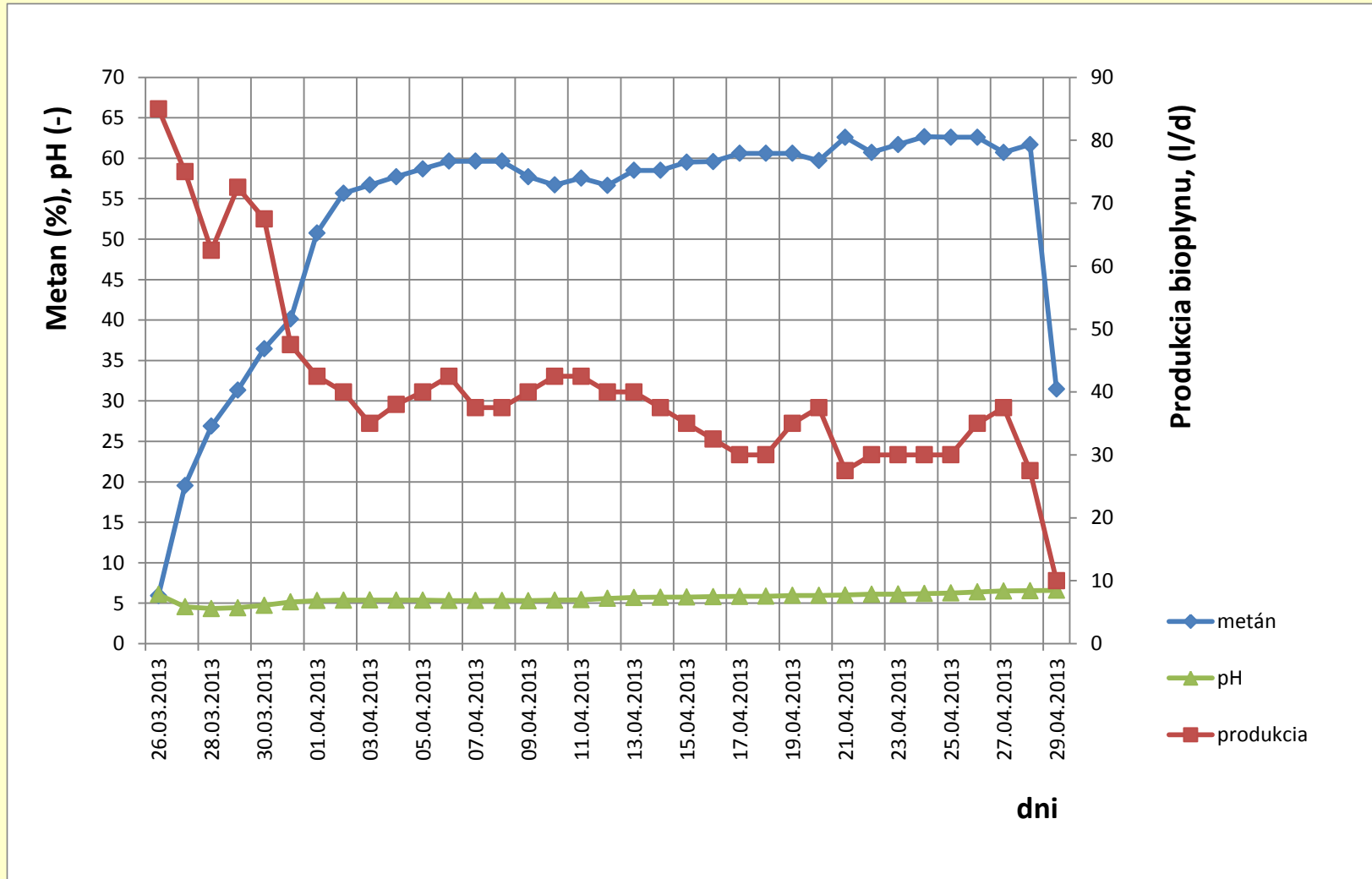


Výsledky

Počas celého cyklu - vyhodnocované najmä produkcia bioplynu vo vyjadrení v l.d⁻¹, zloženie bioplynu a pH perkolátu.

*Výhoda technológie suchej fermentácie - tzv. dávkový spôsob plnenia, biomasa je len kropená perkolátom, ktorý na začiatku plnenia v objeme 7 l (obsah suchej hmoty 6,4 %, pH 7,3, teplota 38,6°C) bol pridaný z externého zdroja, ale počas prevádzky sa dopĺňa vlastnou šťavou substrátu - **veľmi krátka doba nábehu** procesu tvorby metánu ako to vidieť na grafe (vid'. Graf 1), už na šiesty deň bol obsah metánu **40,11%**.*

Výsledky



Graf 1 Priebeh produkcie bioplynu

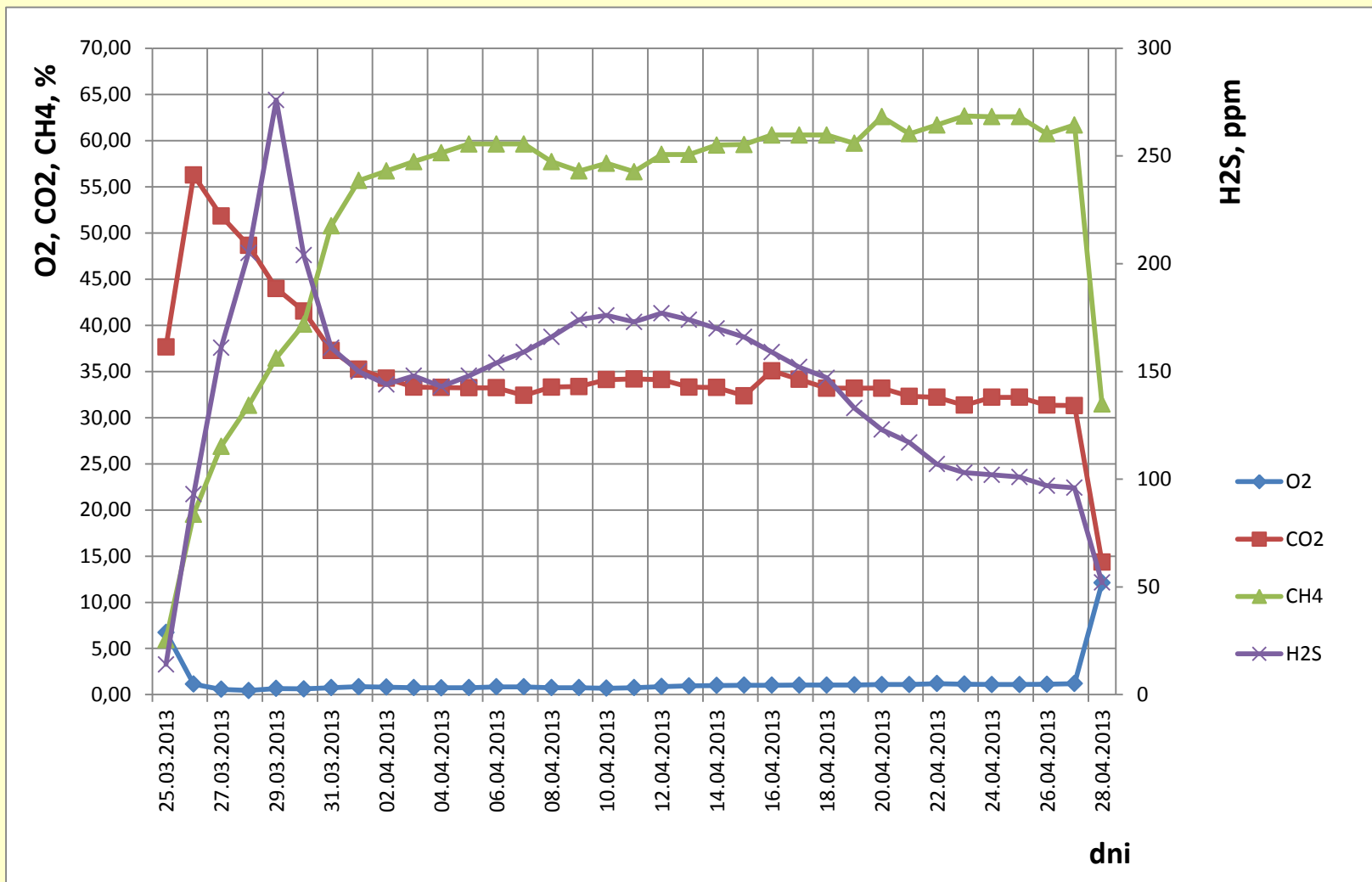
Výsledky

Počnúc ôsmym dňom bola hodnota metánu vyššia ako 55% a takéto hodnoty boli dosahované v trvaní 25 nasledujúcich dní.

Najvyšší obsah metánu viac ako 62% bol dosiahnutý 31 až 33 deň pokusu.

Počas celého cyklu v trvaní 36 dní bolo vyprodukovaných 1423 l bioplynu. Zloženie bioplynu bolo analyzované prístrojom MADUR a priebeh hodnôt jednotlivých komponentov bioplynu je vidieť na Graf 2 a Obr. 4.

Testovaný substrát vykazoval počas fermentácie aj nízku hodnotu produkcie sírovodíka v priemere 143,57 ppm. Takýto bioplyn by bolo nutné pred aplikáciou ako paliva pre plynový motor len mierne upravovať.



Graf 2 Priebeh obsahu metánu, kysličníka uhličitého, kyslíka a sírovodíka v bioplyne

Tab. Chemické analýzy substrátov

PARAMETER	JEDNOTKA	VZORKY SUBSTRÁTOV	
		BRO - vstup	
pH	-	4,799	
Teplota	°C	30,4	
TS	%	33,57	
VSS	%	31,54	
OTS	% TS	94,23	
COD	mg/l	125 500	
Ntot	mg/l	9540	
NH ₄	mg/l	295	
SO ₄	mg/l	759	
VFA	mg/l	4000	

TS – obsah sušiny; VSS – strata žíhaním; COD – chemická spotreba kyslíka; Ntot – celkový dusík; NH₄⁺ - amóniové ióny; SO₄²⁻ - síranové anióny; VFA – nenasýtené mastné kyseliny

Ukázky BPS so suchou fermentáciou



***Bioplynová stanica Šumperk, ČR
GE Jenbacher - 526 kWel
6 betónových fermentorov
(30 x 5 x 4,5 m)
Ročná potreba biomasy – 13 000 t***

Ukážky BPS so suchou fermentáciou



***Bioplynová stanica Allendorf
(SRN)
Inštalovaný výkon: 190 kWel
4 betónové fermentory
(20 x 7 x 4,50 m)
Ročná potreba biomasy – 4 500 t***



4 Záver

Pre zabezpečenie kontinuity a rovnomernosti v produkcii bioplynu technológiou suchej fermentácie sú potrebné viaceré fermentačné komory, ktoré sa musia postupne plniť s časovým odstupom daným dobou zdržania a počtom komôr. Napr. pri dobe zdržania 28 dní a počte komôr 4 by bola potreba výmeny substrátu raz za týždeň striedavo v každej komore.

Na základe získaných výsledkov možno vysloviť záver, že testovaná biomasa – pozostávajúca z biologicky rozložiteľného triedeného komunálneho odpadu, je použiteľná na produkciu bioplynu technológiou anaeróbnej suchej fermentácie, produkcia bioplynu bola veľmi stabilná a bol produkováný bioplyn s vysokou hodnotou metánu. Za účelom dosiahnutia objektívnych výsledkov bude potrebné ale experimenty ešte niekoľkokrát zopakovať.



Ďakujem za pozornosť!