



BIOPLYNOVÉ STANICE KVALITA OVZDUŠIA

Obsah

Úvod	3
Cieľ materiálu	3
Potenciál bioplynových staníc	4
Význam bioplynových staníc	5
Technológia bioplynových staníc	7
Využitie bioplynu	15
Typy bioplynových staníc	19
Umiestnenie bioplynových staníc v pozícii s obytnou zónou	19
Riešenia na zmiernenie vplyvu bioplynových staníc na životné prostredie	20
Záver	25
Zoznam literatúry	26

ÚVOD

Klimatická zmena je najväčšou hrozbou súčasnosti, ovplyvňujú nielen problematiku životného prostredia, ale aj iné oblasti nášho života. Hlavnou príčinou globálneho otepľovania je nadmerná produkcia skleníkových plynov, medzi najzávažnejšie patria oxid uhličitý a metán, a stále sa znižujúca schopnosť globálneho ekosystému tieto plyny zachytávať. Metán sa podieľa až 25 % na globálnom otepľovaní, avšak v atmosfére sa udrží len približne desať rokov. Emisie metánu, ktorý má až 80-krát väčší skleníkový vplyv ako oxid uhličitý, sú najmä z ropného a plynárenského priemyslu a z poľnohospodárstva. Preto práve znižovanie jeho emisii v poľnohospodárstve by mohlo byť významným mitigačným opatrením. Jednou z ciest je využitie hnoja a hnojovice od hospodárskych zvierat v bioplynovej stanici, kde sa zhodnotia a vyrobí sa z nich energia a hnojivo.

Bioplynové stanice sa pôvodne stavali na výrobu zelenej energie. Teraz sa však do popredia dostáva ich využitie pri zhodnocovaní biologicky rozložiteľného odpadu, keďže doteraz nevyužitý energetický potenciál organických zvyškov dokážu využiť a zároveň vrátiť živiny späť do ekosystému. Z nechceného odpadu sa tak vytvorí energia a hnojivo.

CIEĽ MATERIÁLU

Obnoviteľné zdroje energie a obzvlášť bioplynové stanice sú spoločnosťou nie vždy pozitívne vnímané a aj napriek ich všetkým výhodám a značnému produkčnému potenciálu je bioplyn ešte stále neznámy nielen u širokej verejnosti. Práve táto publikácia má za cieľ zdôrazniť prínosy bioplynových staníc a ponúknuť nový pohľad na negatívne vnímané javy spojené s ich prevádzkou.

POTENCIÁL BIOPLYNOVÝCH STANÍC

- Bioplyn je tretí najrýchlejšie rastúci obnoviteľný zdroj energie na svete. Pred ním je len fotovoltika a veterná energetika.
- V roku 2020 bolo v Európe inštalovaných 18 855 bioplynových staníc a 726 biometánových. V poslednom desaťročí sa počet biometánových staníc zdvojnásobil každé 4 roky.
- V roku 2019 sa v Európe vyrobilo 176 TWh bioplynu a 26 TWh biometánu. Obnoviteľná elektrická energia produkovaná bioplynovými stanicami predstavuje zhruba 6 % zo všetkej obnoviteľnej elektriny v Európe.
- V roku 2030 tento sektor vyprodukuje 370 TWh biometánu a v roku 2050 1 020 TWh. Celková inštalovaná elektrická kapacita všetkých kogeneračných jednotiek na bioplynových staniciach v Európe je viac ako 10 GW, čo je ekvivalent 10 atómových elektrární. Bioplyn má tú výhodu, že je decentralizovaný a bez nukleárneho rizika.
- Ak by všetky bioplynové stanice prešli na výrobu biometánu a vtláčali ho do siete zemného plynu, vyrábali by 4 % spotrebovaného plynu v Európe. Momentálne sú lídrami v rozvoji biometánu Francúzsko, Taliansko, Nemecko, Švédsko a Spojené kráľovstvo Veľkej Británie a Írska.

Na Slovensku bolo v roku 2019 podľa údajov ÚRSO v prevádzke **97 bioplynových staníc** s celkovým inštalovaným elektrickým **výkonom 84,14 MWh**. V priemere tak na jednu bioplynovú stanicu pripadá inštalovaný elektrický výkon 870 kWh. Za deň takáto priemerná bioplynová stanica vyprodukuje 20,9 MWh elektrickej energie a približne 24 MWh tepelnej energie. Všetky bioplynové stanice ročne vyprodukujú 689 948 MWh elektrickej energie a 786 540 MWh tepelnej.

Približné rozmiestnenie bioplynových staníc na Slovensku



VÝZNAM BIOPLYNOVÝCH STANÍC

- Produkcia bioplynu je vyspelý, bezpečný a environmentálne priaznivý proces, ktorý môže využívať širokú paletu vstupných substrátov a teda môže byť ľahko adaptovaný na miestne podmienky. V závislosti na miestnych podmienkach môže teda bioplynová stanica pomôcť lokálnym komunitám zhodnocovať biologický odpad, produkovať vlastnú energiu a stať sa tak energeticky nezávislými.
- Bioplynové stanice sú jediným obnoviteľným zdrojom energie, ktorý poskytuje energiu v rôznych formách a tá môže byť v podobe bioplynu alebo biometánu zároveň akumulovaná a regulovaná. Bioplyn vyrobený v bioplynovej stanici je mnohostranne použiteľný a priamo aplikovateľný v množstve použití na vyhrievanie a chladenie, na produkciu elektriny, v doprave alebo dokonca v chemickom priemysle.
- Bioplyn môže byť navyše vyrábaný počas celého roka bez prerušení.
- Bioplynové stanice vyrábajúce elektrinu majú stabilizačný vplyv na elektrizačnú sústavu (tzv. tvrdý zdroj), zabezpečujú stabilitu napätia a zníženie strát. Slúžia tiež ako kompenzačný a vhodný decentralizovaný zdroj z hľadiska stability dodávok elektrickej energie a spätných vplyvov na elektrizačnú sústavu. Bioplynové stanice sú tiež využiteľné na reguláciu energetických sietí ako regulačný zdroj. Sú stabilné a spoľahlivé, pretože dokážu poskytovať energiu počas celého roka. Kombinovaná výroba elektriny a tepla môže konkurovať konvenčným zdrojom z hľadiska efektivity vynaložených investičných nákladov a zaručuje trvalo udržateľnú elektroenergetiku s nízkymi emisiami uhlíka.
- Bioplynová stanica je celosvetovo uznávaná ako popredná technológia na zhodnocovanie odpadu a získanie hodnotnej energie a hnojiva aj z organických zvyškov, biologicky rozložiteľného odpadu a exkrementov hospodárskych zvierat. Tieto suroviny sa najskôr energeticky zhodnotia a znižujú sa tak emisie metánu a čpavku. Zároveň sa znižuje záťaž zápachom. Na skládky je následne presmerovaný menší objem odpadu, z ktorého bola oddelená využiteľná časť. Zhodnotením aj vedľajších produktov a exkrementov zvierat sa zabraňuje aj stratám živín a zachováva sa kolobeh uhlíka. Uhlík je zachytávaný rastlinami počas fotosyntézy a ukladaný do ich tela alebo do pôdy. Bioplynové stanice vracajú živiny späť do cyklu a tiež zachytávajú energiu. Na porovnanie, kompostovanie ponúka možnosť zachytiť živiny, ale nie energiu a pri spaľovaní sa síce využije energia, ale živiny sa do kolobehu nevracajú.
- Bioplyn má okamžitý a extrémne efektívny vplyv na zachytávanie emisií metánu v poľnohospodárstve, pretože zabraňuje emisiám metánu do atmosféry z poľnohospodárskych vedľajších produktov, ako sú napríklad hnoj a hnojovica, tradične ponechávaných vyhníť na poľných hnojiskách alebo v hnojovicových nádržiach. Bioplynové stanice môžu tak zohrať významnú úlohu v zmiernení emisií skleníkových plynov z poľnohospodárstva.
- Využitie bioplynu v doprave vo forme bio-LNG alebo bio-CNG významne znižuje emisie skleníkových plynov, pevných častíc a hluku, dokonca dosahuje až záporné hodnoty emisií. Úspora skleníkových plynov tak môže dosiahnuť až 240 % v porovnaní s použitím fosílnych palív.

Využitie bioplynu resp. biometánu znižuje aj emisie produkované používaním fosílnych palív v teplárenstve a v niektorých priemyselných výrobach.

Bioplynová stanica Gut Hülseberg

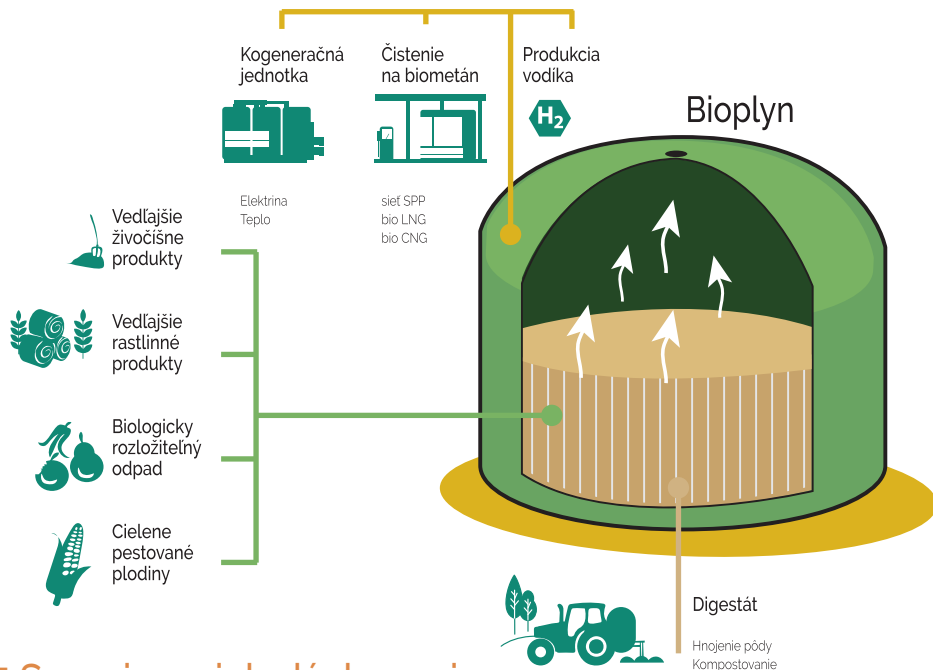


- Využívanie aj cielene pestovaných plodín, medziplodín alebo krycích plodín na využitie v bioplynovej stanici nemá významný negatívny dosah na produkciu potravín a krmovín. Za posledné desaťročia sa významne znížil chov hospodárskych zvierat, nie je nutné na ich výživu vyrábať krmivo v tak veľkej výmere, ako tomu bolo ešte nedávno. Navyše efektívnosť pestovania plodín a konverzia krmív zvieratami významne pokročili, teda je potrebné obhospodarovávať menšiu plochu na ich výživu. Preto nemôžeme hovoriť o zaberaní pôdy pre produkciu potravín alebo krmovín. V Nemecku, kde je už viac ako 10 000 bioplynových staníc, zaberá pestovanie kukurice pre ich potrebu 7 % z celkovej obhospodarovanej pôdy. Keby sa toto množstvo aj zdvojnásobilo, stále by neohrozovalo potravinovú sebestačnosť Nemecka.
- Navyše aj skúsenosti z Rakúska či Nemecka, kde intenzívne prebieha realizácia bioplynových staníc, potvrdzujú pozitívny prínos pre vidiek a sú pre poľnohospodárov novým a stabilným zdrojom príjmov, vytvárajú a stabilizujú pracovné miesta, produkujú zelenú energiu a kvalitné hnojivo. Významne tak prispievajú k ochrane životného prostredia a navyše aj k energetickej nezávislosti krajiny.
- Pozitívny vplyv majú bioplynové stanice aj na zamestnanosť, nakoľko sú na jednej priemerne zamestnaní dvaja zamestnanci na TPP a v nadväznosti sú aj poľnohospodárskej výrobe udržiavané ďalšie pracovné miesta.

TECHNOLÓGIA BIOPLYNOVÝCH STANÍC

Bioplynová stanica je súborom technologických zariadení, ktoré sú navzájom prepojené a potrebné pre kvalitnú a bezpečnú produkciu bioplynu a jeho využitie.

Schéma bioplynovej stanice



| Suroviny a ich dávkovanie

Z hľadiska trvalej udržateľnosti a uhlíkovej stopy by sa mali na výrobu bioplynu prednostne používať suroviny, ktoré sú inak nevyužiteľné pre ľudský konzum alebo pre výživu zvierat. Problematická je však ich dostupnosť, kvalita (napr. pri odpadoch neprítomnosť nežiadúcich znečisťujúcich prímiesí, ako sú plasty a pod.) a využiteľnosť, resp. vhodnosť pre danú technológiu. Tiež je problematická podpora využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie potravín v porovnaní so zahraničím, kedy domáca produkcia nedokáže cenovo konkurovať zahraničným potravinám, ktorých výroba bola finančne podporená. Preto sú v praxi najčastejšie a aj v najväčšom podiele zastúpené nasledujúce vstupné suroviny na výrobu bioplynu:

- siláže z cielene pestovaných rastlín (kukurica, trávy, miešanky), exkrementy hospodárskych zvierat s podstielkou alebo bez nej (hovädzí hnoj, kurací a slepačí trus, hnojovica od hovädzieho dobytku alebo ošipaných),
- vedľajšie rastlinné produkty, aj priemyselné (výpalky, otruby, chlieb a pečivo, mláto,

výlisky, cukrovárske rezky, melasa, lecitínové kaly, ovocie a zelenina a šupky z nich, glycerín a pod.)

- ďalšie vedľajšie živočíšne produkty okrem exkrementov (srvátka, mliečne a mäsové produkty, odpady z bitúnkov a pod.).

Vstup surovín do bioplynovej stanice je zabezpečený:

- dávkovacím zariadením na tuhé suroviny (tzv. krmny voz so závitkovým dopravníkom),
- nádržou na tekuté suroviny (prijímacia nádrž s miešadlom a čerpadlom),
- zmiešaným typom (do prijímacej nádrže sú dávkované aj tuhé substráty).

Približná výťažnosť bioplynu z rôznych substrátov

	OBSAH SUŠINY (%)	MNOŽSTVO BIOPLYNU (Nm ³ /t)
Oleje a tuky	99,9	1 200
Glycerín	100	846
Chlieb a pečivo	88	651
Melasa	77	490
Kukuričná siláž	33	190
Trávna senáž	35	120
Čerstvá tráva	25	100
Cukrovárske rezky	22	100
Kuchynské odpady	16	95
Kravský hnoj	20	86
Ovocie a zelenina	15	57
Trus hydiny	15	56
Kuchynské odpady bez tuku	20	49
Výpalky	8	48
Reštauračné odpady	9	37
Srvátka	5	34
Hnojovica kravská	9	22
Hnojovica ošipané	6	20
Kaly z ČOV	2	8

Menej sa spracovávajú biologicky rozložiteľné odpady (potravinársky a kuchynský odpad z domácností, reštaurácií, zo stravovacích a z maloobchodných zariadení a porovnateľný odpad z potravinárskych závodov, oleje a tuky, potraviny po záruke, zachytený tuk a iné odpady z lapačov tukov) a biologicky rozložiteľné komunálne odpady (všetky druhy biologicky rozložiteľných odpadov, ktoré je možné zaradiť do skupiny 20 Komunálne odpady podľa Katalógu odpadov [§ 68 ods. 3 písm. e)]). Dôvodom nízkeho podielu odpadov na surovinovej základni bioplynových staníc je ich nedostupnosť spôsobená preferovaním ich kompostovania. V tomto prípade sa pritom neberie do úvahy to, že sa tak síce vrátia živiny späť do pôdy, ale ich obrovský energetický potenciál zostáva žiaľ nevyužitý.

Práve tieto odpady sú však ideálnym substrátom pre anaeróbne spracovanie, nakoľko ide o uzavretý proces (nedochádza k úniku zápachu ani emisiám metánu a čpavku), pri ktorom sa využije ich vysoká energetická hodnota na výrobu energie a zároveň sa opätovne dostávajú živiny späť do pôdy. Výhodou zhodnotenia biologicky rozložiteľného odpadu v bioplynovej stanici je navyše možnosť dodávania aj použitých olejov a tukov a tekutín, resp. materiálu s vysokým obsahom vody a živočíšnych produktov, ako sú zvyšky mäsa a mliečne výrobky. Aj celosvetovo sa bioplynové stanice začínajú presadzovať ako popredná technológia na zhodnocovanie odpadu na hodnotné hnojivo a obnoviteľnú energiu. V mnohých krajinách nie sú najpodstatnejšie produkcia energie a hnojiva, ale oveľa dôležitejšiu rolu zohráva ich význam pri zhodnocovaní biologicky rozložiteľného odpadu a vedľajších živočíšnych produktov. Tým sa zabráni nekontrolovaným únikom metánu do ovzdušia.

Rizikom nielen pre bioplynové stanice sú však nečistoty, ktoré sa v tomto odpade môžu nachádzať a ohrozovať nielen samotný technologický proces, ale aj životné prostredie. Ide hlavne o prímеси plastov, ktoré ak sa nevyseparujú pred vstupom do technológie, sú v nej rozdrobené na menšie časti a v koncom produkte – digestáte sa môžu nachádzať až vo forme mikroplastov. Preto je nevyhnutné, aby tento odpad bol dokonale vyseparovaný už pri zdroji v domácnosti.

Nevhodnými substrátmi pre bioplynové stanice z biologicky rozložiteľných odpadov sú vysokokvláknité suroviny, ako sú drevo, papier a pod. Čerstvá pokosená tráva je vhodná v prípade, ak už nedošlo k jej zahňaniu alebo vysušeniu.

Dôvodom menšinového podielu biologicky rozložiteľných odpadov je technologická a legislatívna náročnosť procesov. Pre spracovanie týchto odpadov musí byť bioplynová stanica vybavená drvičom (požiadavka na maximálnu veľkosť častíc 12 mm) a hygienizačnou jednotkou (požiadavka spracovania 1 hodinu pri teplote 70°C). Dostupnosť tepla na bioplynovej stanici je výhodou, keďže ho môže použiť v procese hygienizácie.

Pre zvýšenie podielu BRO používaného v bioplynových staniciach je nutné zosúladiť vydávanie povolení od jednotlivých úradov, ktoré býva často zmätočné, a odbúrať nedôveru voči takémuto zhodnoteniu. V neposlednom rade je nutné zlepšiť informovanosť obyvateľstva o výhodách separácie biologickej časti odpadov a ich spracovaní v bioplynových staniciach a zvýšiť tým ich separáciu. Potom sa bude zvyšovať aj záujem prevádzkovateľov bioplynových staníc o ich zhodnocovanie. V konečnom dôsledku tak bude možné

zmenšovať aj množstvo poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín a zvýšenie cirkulácie živín späť do pôdy aj z BRO, ktoré by inak skončili na skládkach odpadu. Podľa dostupných údajov je možné na Slovensku ročne vyzbierať približne 750 tisíc ton BRO, z ktorého sa vyrobilo vyrobiť približne 55-140 GWh elektrickej energie za rok (množstvo vyrobenej energie je silne závislé na kvalite a zložení odpadu).

| Fermentor

- Dávkovanie prebieha do fermentora (nazývaný aj ako hlavný alebo primárny fermentor, digestor, vyhňavacia nádrž alebo reaktor), ktorý je najdôležitejšou časťou, kde prebieha samotný rozklad a produkcia bioplynu. Väčšinou sú to valcové zateplené betónové nádrže s betónovým stropom alebo prekryté plynojemom. Fermentory sú teda plynotesne uzavreté a tým sa zabezpečí nielen anaeróbne prostredie, ale rovnako sa aj zabráňuje únikom plynov aj zápachu. Môžu byť na povrchu, polozapustené alebo úplne zapustené do terénu. Vo vnútri sa nachádzajú miešadlá, ktoré zabezpečujú homogénnosť hmoty, čím sa zlepšuje rozklad a tiež uľahčujú unikanie bioplynu z hmoty. Sušina hmoty vo fermentore sa pohybuje v závislosti na technológii a vstupných surovinách v rozpätí približne 4 - 12 %, teda proces v „mokrých“ bioplynových staniciach prebieha vo veľmi vlhkom prostredí. Vo fermentore sa tiež nachádzajú výhrevné telesá v podobe teplovodných okruhov upevnených na vnútorných stenách fermentora, pretože je nutné udržiavať stabilnú teplotu. V bioplynových staniciach sa zväčša teploty pohybujú v mezofilnej oblasti (39 - 45 °C) alebo termofilnej (>45 °C).
- Pre zlepšenie využitia vstupných substrátov väčšinou nasleduje sekundárny fermentor (nazývaný aj ako dofermentor alebo dohňavacia nádrž), do ktorého je hmota odčerpaná alebo preteká samospádom. Konštrukciou býva podobný hlavnému fermentoru. V takomto prípade hovoríme o viacstupňovom rozklade.

Viacstupňová bioplynová stanica



| Koncový sklad a digestát

Po fermentore nasleduje uskladňovacia nádrž vyfermentovaného substrátu (nazývaná aj ako koncový sklad). Jej kapacita musí postačovať na 6-mesačnú produkciu zvyškov. Koncový sklad by mal byť tiež prestrešený na zamedzenie úniku zvyškového bioplynu. Podľa doby zdržania hmoty vo fermentoroch a zloženia vstupných surovín klesá únik metánu zotrvania a ľahšie rozložiteľnými substrátmi až na minimálne množstvo.

Jednotlivé nádrže sú prepojené potrubím s možnosťou prečerpávania hmoty.

Digestát je tiež významným produktom výroby bioplynu, je to zvyšková časť z rozloženej hmoty vstupných substrátov. Ide o stabilnú organickú hmotu bohatú na rozličné živiny, v závislosti na použitých vstupných surovinách. Spravidla má neutrálne až mierne zásadité pH.

Digestát môže byť priamo použitý na poľnohospodársku pôdu ako organické hnojivo rovnako ako hnoj a hnojovica. Môže byť ešte ďalej spracovaný na zabezpečenie vyššej kvality živín. Najčastejšie sa spracováva separáciou na tuhú časť (tzv. separát) a tekutú časť (tzv. fugát).

Digestát z dobre fungujúcej bioplynovej stanice je stabilizovaný, ďalej sa nerozkladá a výrazne nezapácha. Znižuje aj intenzitu zápachu hnoja a hnojovice. Zápach je spôsobený predovšetkým biochemickými procesmi pri rozklade prchavých, nepríjemne zapáchajúcich organických mastných kyselín. Digestát z bioplynovej stanice už po troch hodinách od vyvážania nevykazuje žiadny merateľný zápach. Digestát z bioplynovej stanice spracovávajúcej hnojovicu síce nie je bez zápachu, ale jeho intenzita je spravidla tak nízka, že aj obyvateľstvo ho vníma ako podstatne menej obťažujúci.

Digestát je výborným príkladom cirkulárnej ekonomiky. Jeho používaním sa znižuje potreba produkcie a použitia priemyselných minerálnych hnojív. Polovica fosforu a dusíka použitá každý rok na poľnohospodársku pôdu prichádza do EÚ z neobnoviteľných zdrojov a na ich výrobu sa používajú fosílna palivá. Tieto živiny sú prijímané rastlinami, rastliny zozbierané a skonzumované dobytkom alebo ľuďmi následne končia ako odpad. Ak ich nebudeme obnovovať z bioodpadu, vysoké percento týchto hodnotných živín skončí nevyužitých na skládkach alebo v čistiarnach odpadových vôd. Nevráti sa tak do prirodzeného kolobehu živín obsiahnutých v digestáte a aplikovaných späť na pôdu.

Fermentačný proces v anaeróbnom prostredí navyše zabraňuje stratám živín. Na rozdiel od otvoreného skladovania hnojovice (straty dusíka 20 - 40 %) nedochádza k stratám rastlinných živín odparovaním alebo vyplavovaním dažďovou vodou, ako pri skladovaní hnoja na poľnom hnojisku. Organicky viazaný dusík v digestáte je prevažne tvorený odumretými mikroorganizmami a v pôde je pomaly mineralizovaný. Obsah fosforu, draslíka a vápnika zostáva úplne zachovaný. Síra pri používaní jej vyvážovania priamo vo fermentore (biologicky vpúšťaním vzduchu alebo chemicky používaním zlúčenín železa) zostáva vo fermentore a je vyvážaná na polia spolu s digestátom, kde je rastlinami dobre využiteľná.

Digestát je možné na rastlinné porasty použiť ako rýchlo pôsobiace hnojivo na list a to aj za suchého a teplého počasia. Dusík je z väčšej časti vstrebaný rastlinami a len malá časť je splavená do zeme a následne do vody. Aplikácia digestátu na porast má výhodu oproti minerálnym hnojivám v budovaní pôdneho organického uhlíka, pretože obsahuje uhlíkaté zlúčeniny, hlavne celulózu a lignín, ktoré sa v anaeróbnom procese tvorby bioplynu nerozkladajú. Majú však na štruktúru pôdy menší fyzikálny a kypriaci účinok ako hnoj a kompost.

Poľnohospodári veľmi oceňujú, že digestát sa ľahšie mieša a čerpá ako hnojovica a rovnomernejšie sa tak aplikuje. Okrem toho, digestát znížením viskozity preniká do zeme rýchlejšie a hlbšie, čo má za následok zníženie zápachu a lepšie prijímanie živín rastlinami a teda vyššie výnosy. Jeho používaním sa znižuje zaburinenosť obrábanej ornej pôdy, keďže je klíčivosť semien burín znížená. Miera zníženia závisí od úrovne teploty a dĺžky kontaktu. Výhodou sú teda technológie s dlhšou zdržnou dobou hmoty.

Pastviny ošetrované digestátom sú dobre spásané, zatiaľ čo parcely ošetrované hnojovicou zostávajú dobytkom nedotknuté. Pri aplikácii digestátu na trvalé trávne porasty sa zlepšuje ich kvalita a druhové zastúpenie rastlín.

V porovnaní s hnojom je digestát dezinfikovaný vďaka procesom vo fermentore pri produkcii bioplynu neutralizáciou väčšiny patogénov pôvodných surovín, ako sú baktérie a choroby rastlín a tiež znížením klíčivosti semien burín.

Legislatívne upravuje používanie digestátu zákon o hnojivách č. 136/2000, v ktorom je digestát definovaný ako sekundárny zdroj živín. Pred aplikáciou digestátu je poľnohospodár povinný požiadať ÚKSUP o povolenie na jeho používanie, ktoré je platné jeden rok. Podkladom k vydaniu povolenia je analýza z akreditovaného laboratória, v ktorej je uvedený obsah sušiny, organickej sušiny, hodnota pH, obsah dusíka, fosforu, draslíka a horčíka, hodnoty rizikových prvkov kadmium, olovo, chróm, arzén, nikel a ortuť a tiež mikrobiologické parametre.

Digestát nie je podľa platnej legislatívy možné aplikovať na pôdu ak je zamokrená, pokrytá vrstvou snehu alebo zamrznutá. Na pôdy v zraniteľných oblastiach navyše nesmie byť aplikovaný digestát v zakázaných obdobiach (príloha č. 2 v zákone o hnojivách).

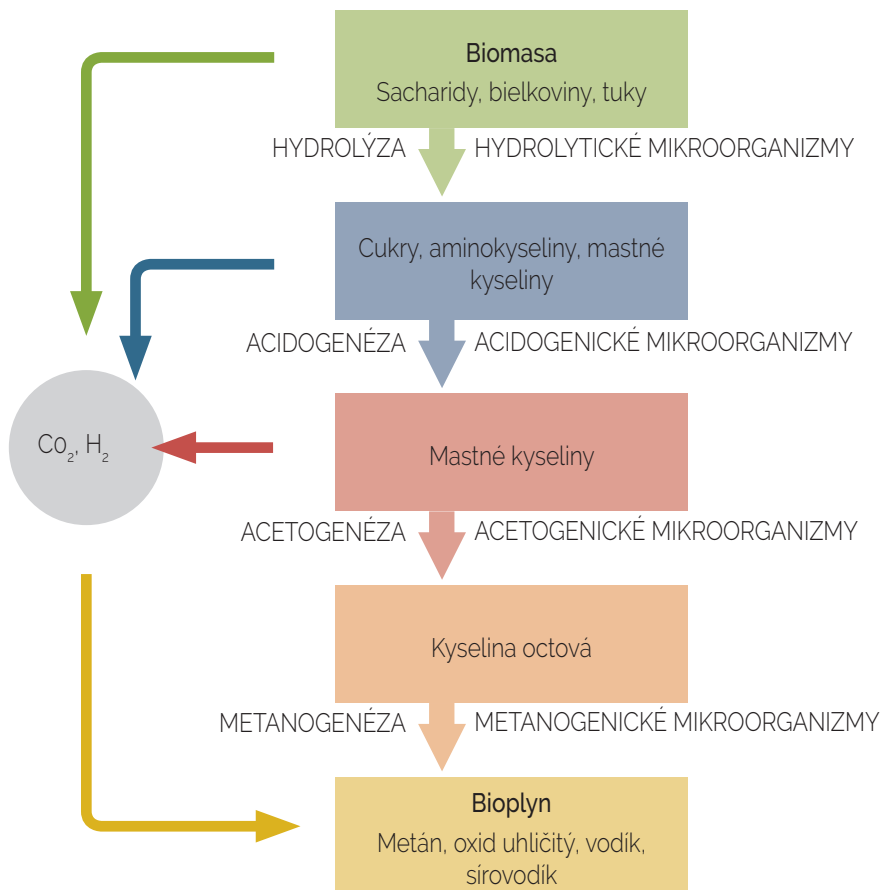
Príklad analytického zloženia digestátu (%)

Hodnota pH	8,2
Vlhkosť	9,21
Spáliteľné látky	7,34
N celkový	0,41
P celkový	0,18
K celkový	0,51
Mg	0,13
Ca	0,17

Vznik bioplynu

Proces biologickej premeny vstupného substrátu sa začína rozkladom zložitých organických látok (polysacharidy, sacharidy, bielkoviny a tuky) hydrolytickými mikroorganizmami na jednoduchšie látky, ako sú cukry, aminokyseliny a mastné kyseliny, pričom sa uvoľňuje oxid uhličitý a vodík. Kyselinotvorné mikroorganizmy potom z nich vytvárajú kyseliny a následne acetogénické baktérie produkujú kyselinu octovú. Aj pri týchto premenách sa uvoľňuje oxid uhličitý a vodík. Metán následne vytvárajú metanogénne mikroorganizmy z väčšej časti práve z kyseliny octovej a z menšej (asi 30 %) syntézou oxidu uhličitého a vodíka.

Priebeh fáz anaeróbného rozkladu a vzniku bioplynu v bioplynovej stanici



Tento proces nazývame anaeróbnou fermentáciou a prirodzene prebieha v prírode. Technicky tento prírodný proces využívame v bioplynových staniciach na produkciu bioplynu, kde v jednom čase prebiehajú všetky fázy.

Bioplyn s objemom 1 m³ obsahuje približne 0,6 m³ metánu (podľa zloženia bioplynu), je možné z neho vyrobiť asi 2,28 kWh elektrickej energie a 2,7 kWh tepla (podľa účinnosti kogeneračnej jednotky). Výhrevnosť bioplynu je podľa obsahu metánu medzi 5,5 - 7,0 kWh/m³.

Parametre bioplynu (zloženie: 60 % metán, 38 % oxid uhličitý, 2 % stopové plyny) v porovnaní s inými horľavými plynmi

	JEDNOTKA	BIOPLYN	METÁN	ZEMNÝ PLYN	PROPÁN	VODÍK
Výhrevnosť	kWh/m ³	6	10	10	26	3
Hustota	kg/m ³	1,2	0,72	0,7	2,01	0,09
Hustota v pomere k hustote vzduchu		0,9	0,55	0,54	1,51	0,07
Zápalná teplota	°C	700	650	650	470	585
Max. rýchlosť postupu plameňa vo vzduchu	m/s	0,25	0,47	0,39	0,42	0,43
Rozsah zápalnej koncentrácie plynu vo vzduchu	%	6-12	5-15	5-15	2-10	4-80

Z údajov v tabuľke vyplýva, že bioplyn má v pomere k objemu podstatne menšiu výhrevnosť ako zemný plyn, propán a metán, ale dvojnásobne väčšiu ako vodík. S hustotou 1,2 kg/m³ je bioplyn o niečo ľahší ako vzduch. Tento poznatok je veľmi dôležitý, pretože znamená, že unikajúci bioplyn sa nebude hromadiť na podlahe alebo v priehlbínach ako veľmi ťažký propán. Naopak, pri stúpaní sa veľmi rýchlo mieša so vzduchom, čím sa znižuje nebezpečenstvo horenia alebo výbuchu. Z bezpečnostného hľadiska je tiež priaznivým faktorom relatívne vysoká zápalná teplota. Ďalšie výhodné vlastnosti bioplynu sú veľmi pomalé šírenie horenia (vďaka prímеси oxidu uhličitého) a veľmi malý rozsah medze zápalnosti. To znamená, že bioplyn horí len, ak je jeho podiel vo vzduchu 6 - 12 %. V porovnaní s tým má propán a hlavne vodík podstatne širší rozsah zápalnosti, z čoho tiež vyplývajú väčšie bezpečnostné riziká.

| Bezpečnostné zariadenia

Pre zaistenie bezpečnosti sú na každej prekrytej nádrži umiestnené pretlakové poistky, ktoré v prípade potreby prepúšťajú potrebné množstvo bioplynu, aby nedošlo k zvyšovaniu tlaku plynu vo fermentoroch.

Vznikajúci bioplyn je zbieraný z plynojemov plynovým potrubím a odvádza sa na následné využitie. V prípade výpadku kogeneračnej jednotky spotrebúvajúcej bioplyn alebo nadbytočnej produkcie bioplynu je inštalovaný poľný horák bioplynu.

VYUŽITIE BIOPLYNU

Bioplyn je konvertovaný na energiu vo forme elektriny a/alebo tepla alebo biometánu, ktorý je ďalej využívaný na široké spektrum koncového použitia. Energia ukrytá v bioplyne by mala byť využitá čo najintenzívnejšie, hlavne čo sa týka schopnosti vyvíjať vysokú teplotu a silu.

Najjednoduchším využitím bioplynu je jeho spálenie v plynovom kotle a výroba tepla. Takéto využitie je ale najmenej efektívne a ekonomické. Ďalším spôsobom využitia bioplynu je výroba elektrickej energie a tepla v kogeneračnej jednotke. Teplo je v tomto prípade vedľajší produkt. Napokon je to čistenie bioplynu na biometán, ktorý má veľmi široký rozsah použitia.

| Elektrická energia

Bioplyn môže byť použitý v kogeneračnej jednotke, ktorej hlavnú časť tvorí spaľovací motor spojený s generátorom vyrábajúcim elektrický prúd. Jeho konštrukcia umožňuje komplexne využiť odpadové teplo motora vďaka sústave výmenníkov „spaliny-voda, olej-voda a voda-voda“.

Vyrobená elektrina je čiastočne využívaná na technologickú vlastnú spotrebu (všetky elektrické zariadenia v bioplynovej stanici slúžiace na výrobu elektriny, približne 7 % podľa použitej technológie a vstupných surovín) a zvyšok je dodávaný cez trafostanicu do verejnej elektrizačnej prenosovej sústavy. Najčastejši inštalovaný elektrický výkon KGJ na slovenských bioplynových staniciach je 0,999 MWh, teda za deň bez prerušenia môže takáto bioplynová stanica vyrobiť 23,9 MWh elektrickej energie a dodá do siete pri 7 % technologickej vlastnej spotrebe 22,3 MWh elektrickej energie.

Kogeneračná jednotka



Použitie kogeneračnej jednotky ako zariadenia na kombinovanú výrobu tepla a elektrickej energie prináša so sebou vyššiu účinnosť premeny energie (v primárnom palive) na inú formu energie. Pri tomto spôsobe výroby energie dochádza k šetreniu primárnej energie v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny až o 40 %. Celková účinnosť dosahuje až 90 %. Kogeneračná jednotka spaľujúca plyné palivo so zapojeným katalyzátorom vyprodukuje v porovnaní s klasickými tepelnými zariadeniami na výrobu tepla a elektriny o 25 % menej emisií NOx.

Proces fermentácie a výroby bioplynu prebieha kontinuálne a kogeneračná jednotka pracuje približne 8300 hodín v roku, zvyšok času tvoria nutné odstávky a údržba. Prebytočný bioplyn (v prípade poruchy KGJ alebo nadbytočnej produkcie) je spaľovaný horákom prebytočného plynu.

Prínos výroby elektriny z bioplynu je flexibilita, pretože je oveľa jednoduchšie uskladniť bioplyn ako elektrinu. Pri uskladnení bioplynu môžeme elektrinu vyrobiť kedykoľvek, keď je to nutné pre stabilizáciu siete, zvýšený dopyt alebo, keď je to ekonomicky výhodné. To má stabilizačný vplyv na sústavu, pretože môže vyrovnávať akýkoľvek výkyv z nestabilných zdrojov, ako sú solárne a veterné elektrárne. Zvyšujúci sa počet bioplynových staníc v Nemecku už nevyrába nepretržite elektrickú energiu, ale podľa potreby. Tento prístup poskytuje veľkú príležitosť pre off-grid riešenia umožňujúce producentom vyrábať elektrinu v čase, kedy je potrebná.

| Teplo

Pri využití bioplynu v kogeneračnej jednotke je vedľajším produktom výroby elektriny teplo. Teplo z výfukových plynov, chladiacej kvapaliny a mazacieho oleja motora je cez výmenník tepla odovzdávané s teplotou približne 85 - 95 °C. Teplo je čiastočne využívané na vyhrievanie fermentorov na zabezpečenie stabilnej teploty vo fermentoroch (približne 10 % podľa technológie, vstupných substrátov a ročného obdobia) a zvyšok je podľa možnosti využívaný na iné účely. Bežná slovenská bioplynová stanica tak za deň vyrobí približne 28,3 MWh tepla, aj po odčítaní spotreby na ohrev fermentorov je to značné množstvo tepla, ktoré je možné využiť. Problematické však býva umiestnenie existujúcich bioplynových staníc vo väčšej vzdialenosti od obytnej zóny a priemyslu.

Možnosti využívania vyrobeného tepla z bioplynových staníc:

- v sušiarňach na sušenie obilnín, olejnin, drevnej štiepky, dreva, sena, slamy, digestátu, separátu,
- na výrobu peliet, vykurovanie verejných a súkromných budov, či skleníkov na produkciu zeleniny, bylínok, kvetov, na výrobu v priemyselných halách, vzdialené využitie tepla, vyhrievanie vonkajších bazénov, vyhrievanie akvakultúry, kúpeľov a sáun,
- v pivovare, mliekarni,
- na výrobu chladu.

| Biometán

Bioplyn môže byť namiesto využitia na výrobu elektrickej energie a tepla vyčistený (tzv. upgrading) až na biometán, teda na kvalitu zemného plynu. Čistenie je proces oddeľovania nežiaducich komponentov v bioplyne, ako je oxid uhličitý na zvýšenie celkového obsahu metánu. Počas čistenia bioplynu sa veľká časť uhlíka môže znova využiť alebo natrvalo odstrániť z atmosféry.

Biometán predstavuje jeden z najflexibilnejších a najuniverzálnejších obnoviteľných energií, keďže môže byť produkováný kontinuálne počas celého roka. Je priamo použiteľný v množstve sektorov a môže byť ľahko a pri nízkych nákladoch skladovaný počas dlhého obdobia.

Využitie biometánu je možné všade tam, kde je používaný zemný plyn – teda v priemysle, centrálnom zásobovaní teplom, kogeneračných jednotkách umiestnených externe od bioplynovej stanice, kde je lepšie využitie tepla alebo chladu a v miestach, kde je problematické pripojenie.

Biometán však môže zohrať kľúčovú úlohu v dekarbonizácii dopravy, keďže to je sektor, v ktorom vrátiť emisie na úroveň roka 1990 bude veľkou výzvou. V súčasnosti reprezentuje doprava štvrtinu všetkých emisií skleníkových plynov v Európe a väčšina pochádza z cestnej dopravy. Biometán môže byť použitý v už existujúcich autách s pohonom

na zemný plyn (stlačený biometán teda bio-CNG v osobných automobiloch a skvapalnený biometán teda bio-LNG v nákladnej a námornej doprave). Navyše biometán použitý v doprave môže prispieť k zlepšovaniu kvality ovzdušia v mestách uvoľňovaním ultranízkeho množstva pevných častíc a masívnym redukovaním emisií oxidov dusíka (NOx). V lodnej doprave navyše pomáha redukovať aj emisie oxidov sýry (SOx). Biometán má veľmi pozitívny vplyv na emisie oxidu uhličitého, keďže vozidlá jazdiace na biometán vyprodukovaný z bioodpadu majú nižšie emisie až o 90 % ako vozidlá jazdiace na fosilné palivá. Aj nafta používaná v strojovom parku bioplynovej stanice môže byť nahradená biometánom a je tak možné dosiahnuť 100 % obnoviteľnosť surovín.

Biometán by mal byť uprednostňovaný pred vodíkom vzhľadom k viacerým dôvodom:

- biometán môže byť použitý v aktuálne existujúcej infraštruktúre zemného plynu prakticky bez potreby zmien, keďže je to produkt chemicky takmer identický so zemným plynom,
- významné množstvá vodíka v plynovom potrubí môžu spôsobovať poškodenia koróziou potrubia.
- vodík je najmenšia molekula na Zemi, čo ju robí ťažšie uskladniteľnou v porovnaní s biometánom,
- biometán má väčšiu energetickú hustotu ako vodík, čo znamená, že je potrebný nižší tlak na uskladnenie rovnakého množstva energie.

! Energia na metán (Power-to-methane, P2M)

P2M je proces premieňajúci prebytok obnoviteľnej energie na plynnú formu, v tomto prípade na metán. Štandardná P2M produkcia používa prebytok energie na hydrolyzu vody a produkciu vodíka elektrolýzou. Vyprodukovaný vodík je potom viazaný na metán v prítomnosti CO₂ v biologickom procese vyrábajúcom obnoviteľný syntetický zemný plyn (SNG). Obnoviteľný SNG (bioSNG) je chemický porovnateľný s biometánom (z anaeróbnej fermentácie) a zemným plynom.

P2M harmonicky integruje sektory elektrárenského a plynárenského – existujúci prebytok CO₂ (napr. z produkcie biometánu) je používaný na metanizáciu vodíka, čím sa zjednodušuje uskladnenie elektriny aj vodíka. Navyše P2M vyrovnáva veľkú variabilitu produkcie obnoviteľnej solárnej a veternej elektriny. Tým sa predchádza nákladnému zosilňovaniu existujúcej elektrickej sústavy.

S rastom produkcie obnoviteľnej elektriny sa očakáva výrazný nárast v potrebe uskladňovacej kapacity, ktorá je však limitovaná. Uskladnenie energie v plynnej forme môže zabezpečiť túto úlohu – plyn je často a lacno uskladňovaný vo veľkých objemoch, obzvlášť v podzemných skladoch. Používanie P2M procesov umožní uskladňovať významné množstvo energie nákladovo efektívnym spôsobom a plynárská sieť umožňuje efektívnu a cenovo dostupnú distribúciu takto uskladnenej energie do priemyslu a domácností.

TYPY BIOPLYNOVÝCH STANÍC

Podľa vyhlášky č. 410/2012 Z. z. časti II. A. 6 Výroba bioplynu Prílohy č. 7., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší poznáme:

- a) poľnohospodárske bioplynové stanice – ide o spracovanie materiálov z poľnohospodárskej prvovýroby rastlinného pôvodu, napríklad cielene pestovaných plodín, rastlinných odpadov, pozberových zvyškov alebo pozberové zvyšky, alebo exkrementov z chovov hospodárskych zvierat,
- b) priemyselné bioplynové stanice – ide o spracovanie vedľajších živočíšnych produktov (napríklad jatočných odpadov, krvi, tukov, mäsokostnej múčky) a iných biologicky rozložiteľných odpadov z rôznych priemyselných výrob (napríklad z potravinárskeho, chemického a farmaceutického priemyslu) alebo kalov z priemyselných čistiarní odpadových vôd, pričom spolu s týmito surovinami možno spracúvať aj materiály uvedené v písmenách a) a c),
- c) komunálne bioplynové stanice – ide o spracovanie podielu biologicky rozložiteľného komunálneho odpadu (napríklad odpad zo záhrad a parkov, z kuchýň a jedální, z domácnosti) alebo kalov z komunálnych čistiarní odpadových vôd, pričom spolu s týmito surovinami možno spracúvať aj materiály uvedené v písmene a).

V praxi sa však na Slovensku jednotlivé typy navzájom prelínajú a nedajú sa úplne od seba oddeliť. Najšetnejšie k životnému prostrediu sú s ohľadom na produkciu oxidu uhličitého bioplynové stanice spracovávajúce čo najmenší podiel cielene pestovaných plodín a čo najvyšší podiel biologicky rozložiteľného odpadu, resp. iných organických zvyškov inak nevyužiteľných.

Dôležitým faktorom pozitívneho vplyvu na životné prostredie je aj správne zvolená technológia a dodržiavanie zásad Správnej prevádzkovej praxe.

UMIESTNENIE BIOPLYNOVÝCH STANÍC V POZÍCII S OBYTNOU ZÓNOU

Podľa typu vstupných surovín a možnosti využitia tepla je vhodné rozdielne umiestnenie bioplynovej stanice.

Kvôli blízkosti vstupných surovín, minimalizácii prevozov a možnému využitiu tepla je to v blízkosti poľnohospodárskeho podniku. Pri priemyselnej zóne zas kvôli blízkosti iných zdrojov surovín (vedľajšie rastlinné alebo živočíšne produkty, bioodpad), kvôli využitiu tepla a minimalizácii obťažovania obyvateľov prípadným zápachom z používania takýchto substrátov.

Na zmysluplné využitie tepla na vykurovanie obydľí je však najlepšia vzdialenosť približne do 500 metrov od zastavaného územia alebo objektu vykurovania. Pri tejto vzdialenosti nedochádza k obťažovaniu hlukom ani zápachom. Dôležité je však, aby prístupová komunikácia nevedla cez obytnú zónu kvôli navážaniu surovín a vývozu digestátu.

RIEŠENIA NA ZMIERNENIE VPLYVU BIOPLYNOVÝCH STANÍC NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Vo všeobecnosti pôsobia bioplynové stanice pozitívne na životné prostredie a len málokedy mu škodia. Ak bioplynové stanice dodržiavajú zásady Správnej prevádzkovej praxe a podmienky použitej technológie nedochádza k problémovým situáciám. Ak však nastanú, najčastejšie sú to nasledovné situácie, ktoré sa však dajú vyriešiť.

! Zápach zo zariadení na skladovanie vstupných surovín – silážne žľaby

Proces silážovania – silážna fermentácia prebieha optimálne len bez prístupu vzduchu pomocou anaeróbnych baktérií – baktérii mliečneho kvasenia. Pre zabezpečenie rýchleho poklesu pH a tým stabilizácii a zakonzervovaniu hmoty je optimálne pridávať špecializované baktérie mliečneho kvasenia pre konkrétnu plodinu, ktoré tento proces urýchľujú a optimalizujú.

Pre predchádzanie vzniku silážnych štiav, ktoré predstavujú environmentálne riziko, ale aj stratu energie, je nevyhnutné zberať plodiny v optimálnej silážnej zrelosti, resp. po uvädnutí na optimálnu sušinu. Tá by nemala klesnúť pod 28 %, avšak najoptimálnejšia je nad 33 %, kedy už nedochádza k úniku silážnych štiav ani pri krátkej rezanke a potrebnom utlačení.

Pri navážaní hmoty sa táto priebežne utláča a po naplnení silážnej jamy je nutné ju čo najrýchlejšie hermeticky prekryť tenkou prílnavou fóliou a hrubšou konečnou fóliou a rovnomerne ju po celej ploche zaťažiť. Pri použití tzv. krycej sieťoviny, ktorá zabezpečuje prevenciu pred roztrhaním fólie zverou a zároveň aj zaťažuje celú plochu fólie, je možné zaťaženie urobiť už len v pásoch a po obvode silážnej jamy. Pri takomto zakrytí a utesnení silážnej jamy dochádza k správnej fermentácii, kedy silážovaná hmota nepodlieha kazeniu a teda nie je zdrojom zápachu. Nedochádza ani k vstupu zrážok a tvorbe silážnych štiav.

Po začatí skrmovania silážnej jamy sa postupne odkrýva len nevyhnutná časť siláže, aby nedochádzalo k jej aeróbnemu znehodnoteniu a teda vzniku zápachu. Odber sa má vykonávať tak, aby odberová plocha bola čo najmenšia a najpevnejšia. Vtedy nie je vystavená veľká plocha pôsobeniu kyslíka a teda sú minimalizované aj prípadné kazenie a vznik zápachu. Neodporúča sa odberovú plochu prekryvať, nakoľko by sa vytvorilo prostredie optimálne pre rozvoj plesní a iných nežiaducich mikroorganizmov, čo by mohlo spôsobiť zápach.

Správne zakrytie silážnej jamy mikrofóliou, krycou fóliou a záťažovou sieťovinou, zaťažené v pásoch vreckami s pieskom



Správne zaťaženie silážnej fólie po celom povrchu, ak nie je použitá záťažová sieťovina



Správny odber siláže z celého prierezu a rovná odberová plocha



| Zápach z dávkovacieho zariadenia

Dávkovacie zariadenie môže byť na tuhé substráty (tzv. kímny voz), na tekuté substráty (prijímacia nádrž) alebo zmiešaným typom (do prijímacej nádrže sú dávkované aj tuhé substráty). Podľa typu dávkovacieho zariadenia a typu vstupných surovín sa môže vyskytovať zápach. V prípade jeho výskytu je nutné dávkovacie zariadenia prekryť a zabezpečiť odvod pachových látok na čistenie do filtra.

Prekrytie dávkovacieho zariadenia s filtráciou vzdušiny



| Zápach z uskladňovacej nádrže

Bioplynová stanica musí byť dimenzovaná a prevádzkovaná tak, aby bolo zabezpečené optimálne využitie spracovávanej suroviny podľa jej druhu a množstva. Pri projektovaní bioplynovej stanice je navrhnutý objem fermentorov podľa typu vstupných substrátov a doby potrebnej na ich rozloženie. Ak toto množstvo nie je kapacitne prekračované alebo zloženie vstupných substrátov nie je výrazne menené, procesy vo fermentore prebiehajú optimálne a výstupná hmota – digestát je stabilizovaná a teda bez výrazného zápachu. Lepší rozklad a tým aj vyššia stabilita je v technológiách s viacstupňovou fermentáciou. Na dodržanie optimálneho procesu je okrem obmedzeného denného vstupu substrátu nutné zabezpečiť dostatočné miešanie vo fermentore, optimálnu nekolíšajúcu teplotu vo fermentore a stabilné biologické procesy. Na ich sledovanie a vyhodnotenie je nutný pravidelný odber vzoriek z fermentora a ich rozbor v laboratóriu. Ak sa zistia poruchy rozkladu je nutné urobiť rýchle a vhodné zásahy na obnovenie stability procesov.



| Zápach z unikajúceho bioplynu

Pri plánovaných alebo neplánovaných odstávkach niektorej časti technológie nie je možné kontinuálne vznikajúci bioplyn spotrebovať. Preto má každá bioplynová stanica inštalovaný horák prebytočného plynu a teda nedochádza k vypúšťaniu bioplynu do ovzdušia ani k zápachu.



| Zápach z aplikácie digestátu

Ak je dodržaný technologický postup, digestát je stabilizovaný a bez výrazného zápachu. Obsahuje však takmer polovicu dusika viazaného vo forme prchavého čpavku, preto je nevyhnutné pre jeho zachovanie a obmedzenie jeho emisií aplikovať ho primeraným spôsobom. Optimálna je aplikácia vlečnými hadicami priamo na pôdu a následne čo najskoršie zapravenie do pôdy. Najlepšia je však aplikácia s priamym zapracovaním do pôdy. Úplne nevhodné je jeho rozprašovanie, resp. rozstrekovanie po pôde.

Načerpávanie digestátu do cisterny



Správna aplikácia digestátu
vlečnými hadicami



Správna aplikácia digestátu so zapravením



ZÁVER

Význam bioplynových staníc pre životné prostredie je jednoznačný. Redukujú produkciu skleníkových plynov, znižujú spotrebu a závislosť na fosílnych palivách, zhodnocujú biologicky rozložiteľný odpad, okrem elektriny vyrábajú aj teplo a produkujú kvalitné hnojivo.

Správne naprojektovaná, vhodne umiestnená, kvalitne postavená a zodpovedne prevádzkovaná bioplynová stanica nepredstavuje žiadne riziko pre životné prostredie ani pre obyvateľov v jej blízkosti.

Skúsenosti z krajín, ktoré majú väčší počet bioplynových staníc, potvrdzujú ich pozitívne vplyvy. Najpozorovateľnejšie sú v stabilizácii vidieka a poľnohospodárstva, kde zaisťujú nový a stabilný zdroj príjmov a udržiavanie krajiny. Tiež vo vytvorení nových pracovných miest a vo výrobe environmentálne priaznivej energie a hnojiva.

Bioplynové stanice sú preto vhodným diverzifikačným a decentralizačným energetickým zdrojom a prispievajú tým k zníženiu závislosti od fosílnych palív. Zlepšujú lokálnu ekonomiku a zvyšujú zamestnanosť a udržiavanie krajiny.

ZOZNAM LITERATÚRY

- Döhler, Helmut et al. 2009. Faustzahlen Biogas. Darmstadt: KTBL. 240 s. ISBN 978-3-941583-28-3
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2010. Leifaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Rostock: stadtdruckerei-weidner. 272 s. ISBN 3-00-014333-5
- Fečke Gyöngyová, Erika – Musil, Juraj – Salva, Jozef – Vanek, Miroslav. 2020. Správna prevádzková prax pre bioplynové stanice.
- Horbaj, Peter – Marasová, Daniela – Andrejčák, Imrich. 2007. Bioplyn a jeho využitie. Košice: Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach. 93 s. ISBN 978-80-8073-777-1
- <http://europeanbiogas.eu/about-biogas-and-biomethane/>
- <http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/EN-How-a-biogas-plant-works>
- <https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE-Biogas-kanns>
- <https://www.biowaste-to-biogas.com>
- <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/09/Biogas-Basics-EBA.pdf>
- <https://www.guthuelsenberg.de/>
- <https://www.sba-sk.sk/>
- <https://www.weltec-biopower.com/en/info-center/bogas.html>
- Mészáros, Alexander - Jašňák, Patrik. 2014. Ekonomická efektivnosť bioplynovej stanice. In: Elektroenergetika, vol. 7, No. 2, s. 9-14. ISSN 1337-6756
- Schulz, Heinz - Eder, Barbara. 2004. Bioplyn v praxi. Theorie – projektování – stavba zařízení – příklady. Ostrava-Plesná: HEL. 167 s. ISBN 80-86167-21-6
- Straka, František et al. 2010. Bioplyn. Praha: GAS. 305 s. ISBN 978-80-7328-235-6



BIOPLYNOVÉ STANICE KVALITA OVZDUŠIA

Autor: Erika Fečke Gyöngyová
Kolektív riešiteľov: Radoslav Virgovič, Jana Pavlíková
Vydavateľ: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky,
Slovenská agentúra životného prostredia
Jazykové korektúry: Iveta Kureková
Grafika: Roman Sika
Tlač:
Rok vydania: 2021
ISBN: 978-80-8213-043-3

