

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Diplomová práce

Čištění a úprava bioplynu od znečišťujících složek s cílem jeho dodávky do distribuční sítě plynovodů

České Budějovice 2012

OBOR PROVOZNĚ PODNIKATELSKÝ

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Lachout Jiří
Studijní program: Zemědělské inženýrství
Studijní obor: 3 PP – kombinovaný
Název tématu: **Čištění a úprava bioplynu od znečišťujících složek s cílem jeho
dodávky do distribuční sítě plynovodů**

Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

- 1) proveďte literární rešerši o možnostech úpravy bioplynu - především odstranění či snížení obsahu CO₂ a sloučenin S.
- 2) zhodnoťte jednotlivé postupy ekonomicky a technologicky
- 3) navrhnete vlastní sled technologických postupů k provozně a ekonomicky optimální variantě splnění zadaného diplomového úkolu.
- 4) zjistěte, zda lze v budoucnosti počítat s nějakými perspektivními zcela novými technologiemi, např. enzymatické konverze a výroby H₂
- 5) vypracujte diplomovou práci dle Opatření děkana č. 13 ze dne 18.12. 2009

Rozsah grafických prací:	dle potřeby
Rozsah průvodní zprávy:	cca 40 – 60 stran
Forma zpracování diplomové práce:	tištěná/elektronická

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Konzultant: Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Datum zadání diplomové práce: 15. března 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012

Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc. Prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

Vedoucí katedry Děkan

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci „Čištění a úprava bioplynu od znečišťujících složek s cílem jeho dodávky do distribuční sítě plynovodů“ vypracoval samostatně pod vedením Prof. Ing. Stanislava Kužela CSc. A pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Táboře, dne 5. dubna 2012

Jiří Lachout

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje výrobu bioplynu a následné metody obohacení takto získaného bioplynu na kvalitu zemního plynu. Důvodem je efektivní využití přírodních zdrojů k řešení energetické potřeby lidstva.

Měla by být zodpovězena hlavní otázka. Je metoda obohacování bioplynu na biometan ekonomicky rentabilní? Odpovědi bychom měli získat z jednotlivých postupných výpočtů a ekonomických kalkulací.

Klíčová slova

Zemní plyn → přírodní směs plyných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH_4 a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Jedná se o fosilní palivo

Bioplyn → plyn vzniklý při anaerobní fermentaci rostlinných a živočišných substrátů. Obsah CH_4 je 55- 70%. Jedná se o zdroj pro kogenerační jednotky a pro obohacovací proces výroby biometanu.

Biometan → bioplyn upravený na kvalitu a čistotu potrubního zemního plynu $\geq 95\%$ CH_4 Jedná se o obnovitelný zdroj energie

Bioplynová stanice → stavební a technologický celek, ve kterém probíhá mikrobiální rozklad organické hmoty za nepřístupu vzduchu, bioplyn

Summary

This thesis describes the production of biogas and subsequent enrichment methods thus obtained biogas to natural gas quality. The reason is the efficient use of natural resources to address the energy needs of mankind.

Should be answered the main question. The method of biogas to biomethane enrichment economically viable ? The answer should be obtained from each successive calculations and economic calculations.

Keywords

Natural gas → natural mixture of gaseous hydrocarbons made up predominantly of methane, CH_4 and variable number of non-hydrocarbon gases (mainly inert gases). It is a fossil fuel

Biogas → gas generated during anaerobic fermentation of plant and animal substrates. The content of CH_4 is 55 - 70%. It is a source for cogeneration and biomethane production process of enrichment

Biomethane → biogas adjusted for quality and purity gas piping $\geq 95\%$ CH₄ . Is a renewable energy source

The biogas station → biogas plant construction and technology unit, which is the microbial decomposition of organic matter protected from air, biogas

Cíle práce

Hlavním cílem této práce je popsání zdrojů substrátu pro výrobu bioplynu, popsání výrobního procesu i s prvky technologických celků. Bude navržen model s příslušným vzorovým množstvím a následně provedeny ekonomické kalkulace, za pomoci kterých bude možné posoudit, zda lze metodu obohacování bioplynu využít v praxi. Popsány budou vybrané metody technologií úprav, jako je např. externí biologické odsiřování bioplynu, efektivní čištění bioplynu membránovou separací a kryogenní metodou (vymrazováním). Toto vše bude popsáno v souladu s technickými předpisy, které nám určí kvalitu i pravidla pro připojení k distribuční soustavě provozovatelů těchto soustav v ČR. V závěrečné části budou krátce popsány nové perspektivní metody, se kterými se budeme v budoucnu dozajista potkávat při využívání biomasy.

Poděkování

Touto cestou chci poděkovat panu Prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za velkou podporu a pomoc při tvorbě této práce.

Obsah

1.	Úvod	8
2.	Teoretická část	8
2.1	Metodika	8
3.	Výroba bioplynu	9
3.1	Metanizace	9
3.2	Členění biomasy pěstované k produkci bioplynu	10
3.3	Členění z pohledu lokalizace zdroje	11
3.3.1	Exkrementy hospodářských zvířat	12
3.3.2	Biomasa	12
3.3.3	Tříděný domovní a komunální odpad	15
3.3.4	Čistírný odpadních vod	16
3.3.5	Odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu	17
3.3.6	Specifické a speciální odpady	17
3.4	Bioplyn	17
3.4.1	Získávání bioplynu	18
3.4.2	Výhody mokré fermentace	20
3.4.3	Nevýhody mokré fermentace	20
3.4.4	Výhody suché fermentace	20
3.4.5	Nevýhody suché fermentace	21
3.5	Členění z hlediska reakčních teplot	21
3.6	Složení a vlastnosti bioplynu (z fytomasy a organických odpadů)	23
3.7	Technologie výroby bioplynu mokrou technologií	23
3.8	Přehled dostupných technologií čištění bioplynu	27
3.8.1	Metoda PSA	28
3.8.2	Tlaková vypírka	29
3.8.3	Chemická vypírka	30
3.8.4	Membránová separace	31
3.8.5	Nízkoteplotní rektifikace	32
4.	Výsledky pozorování	32
4.1	Náklady na výrobu bioplynu	33
4.2	Bilance zisku bioplynu a biometanu	37
4.3	Investiční náklady stavební části BPS	38
4.4	Provozní náklady BPS	39
4.5	náklady na čištění a obohacení bioplynu	41
4.5.1	Příklad technologie PSA	41
4.5.2	Příklad technologie chemické (aminové) vypírky	43
4.5.3	Příklad tlakové vypírky	44
4.5.4	Příklad membránové separace	45
4.5.5	Nízkoteplotní separace	46
4.5.6	Hodnocení jednotlivých technologií	47
4.6	Zkušenosti z Evropy	48
4.6.1	Švédsko	49
4.6.2	Švýcarsko	50
4.6.3	Německo	51
4.6.4	Rakousko	52
4.6.5	Španělsko	52
4.7	Kalkulace ceny obohaceného biometanu	52
4.8	Hodnocení návratnosti investice	53
4.9	Podmínky připojení k distribuční síti	56
5.	Závěr	57
5.1	Biometan, jako pohonná hmota	58
5.2	Nové myšlenky	60
5.2.1	enzymatické konverze	60
5.2.2	vodík H ₂	62
6.	Přehled použité literatury a zdrojů	64
6.1	Seznam legislativních předpisů	66
6.2	Seznam tabulek, obrázků, grafů	67
6.3	Přílohy	66

1. Úvod

Dnešním trendem při výrobě bioplynu je jeho prioritní využití při výrobě elektrické energie prostřednictvím kogenerační jednotky a následné využití odpadního tepla. S odpadním teplem je z větší míry problém a to z důvodu lokace bioplynových stanic mimo obytné a průmyslové celky. Z tohoto důvodu vyvstávají vyšší finanční nároky na výstavbu přívodního potrubí teplovodů a tím i vyšší investiční nároky na tyto projekty. Většina takovýchto projektů se tudíž dostává do problémové situace při hodnocení návratnosti investic.

Novým nastupujícím trendem při využívání produkovaného bioplynu je jeho možná úprava na biometan, který musí splňovat požadavky dle Technických pravidel gas (TPG 902 02) a následné využití pro vtláčení do plynárenské soustavy ČR. Pro pravidla vtláčení je nutné dodržovat doporučení TDG 983 01. Takovýto biometan lze využívat standardním způsobem, jako klasický zemní plyn. Lze jej též využít k pohonu motorových vozidel ve formě stlačeného zemního plynu (CNG), popřípadě k získávání vodíku.

V rámci diplomové práce jsem čerpal poznatky z realizovaných projektů společnosti E.ON a Pražská plynárenská, a.s. Obě tyto společnosti v současné době provozují distribuční síť zemního plynu a tudíž je v jejich zájmu částečně diverzifikovat zdroje zemního plynu. Sem patří nejen geografické rozdělení zdrojů, ale i zdrojové. Výhodou biometanu je, že jej lze získat přímo v České Republice. Zkušenosti a faktická data jsou čerpána z projektu Bioplynové stanice Třeboň a ZOO Praha.

2. Teoretická část.

Úkolem této práce je technicky popsat vlastní výrobu bioplynu, jeho obohacení na kvalitu biometanu, popsat jednotlivé, dnes využívané dostupné suroviny pro výrobu bioplynu, včetně dat a hodnot jejího chemického složení. Následně jsou uvedeny možnosti jednotlivých způsobů čištění bioplynu od znečišťujících látek jako je kyslík uhlíčitý a síra s popisem jednotlivých komerčních technologií zpracování.

Ve zvláštní části budou popsány stávající předpisy a překážky pro vtláčení biometanu do plynárenské soustavy ČR. Bude zhodnocena jeho 3 E- ekologický a ekonomický přínos, následně i energetické využití v domácnostech, průmyslu a dopravě.

2.1 Metodika

Metodiku tvoří rozbor již publikovaných a popsaných metod výroby bioplynu, jeho fiskální vlastnosti a složení a následná volba zpracovatelské technologie čištění,

spolu s popisem zvolené technologie pro čištění a obohacení bioplynu na hodnoty vhodné pro dodávky do plynárenské soustavy ČR.

K celkovému ekonomickému zhodnocení použijeme též srovnávací hodnoty zemního plynu, jakožto indexu a jeho ekvivalent biometan.

3. Výroba bioplynu

V dnešní době, kdy je zapotřebí velkého množství energií, vyvstává otázka, zda a za jakých podmínek je lidstvo schopno i nadále získávat energii vlastní těžbou, úpravou surovin a jejich následným spalováním. Bohužel již dnes víme, že dochází k velice výraznému zatížení životního prostředí a omezenosti surovinových ložisek. Jsou však známé technologie, které jsou k životnímu prostředí šetrné a lze je řadit mezi obnovitelné přírodní zdroje. V této práci se budu zabývat výrobou bioplynu a jeho následným zušlechťením na biometan s plnou vhodností nahradit zemní plyn.

Proces, kdy se organická hmota mění na anorganické látky a plyn, působením bakterií bez přístupu kyslíku se nazývá anaerobní. Rozkládání je totožné s procesy, které probíhají v přírodě bez ustání, ale s tím rozdílem, že v přírodě probíhají i za přítomnosti kyslíku (aerobní procesy).

Biologický proces, který nastává při rozkladu biologických látek, se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace a biochemická konverze organické látky.¹

Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek automaticky, popřípadě jde o námi žádaný a vyvolaný proces za pomoci biotechnických zařízení. Výsledkem takového procesu je pak vždy směs plynů (bioplyn) a fermentovaný zbytek organické látky (digestát).

3.1 Metanizace- je soubor procesů, při nichž dochází k rozkladu biologicky rozložitelné organické hmoty za pomoci směsných kultur mikroorganismů bez přístupu vzduchu.

Výslednými produkty jsou digestát a vzniklá směs plynů, z nichž majoritní jsou metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2), H_2 , N_2 a H_2S viz tabulka č. 1. V bioplynu se dále nacházejí amoniak, molekulární dusík a kyslík, jejichž podíl činí 5 až 8 %. Obecně se v literatuře za dosažitelný obsah metanu (CH_4) považuje hodnota 50 až 75 %. Energeticky využitelný bioplyn je průmyslově vyráběn v bioplynových stanicích, čističkách odpadních vod a vzniká také v tělesech komunálních skládek, jako skládkový plyn.

¹ Dohányos, M., Zábranská, J.

Tabulka č. 1: Chemické složení a vlastnosti směsi plynu, zdroj: E.ON

Charakteristika	Bioplyn CH ₄ - 60% + CO ₂ - 40%	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S
objemový podíl v %	100	50-75	27- 47	1	3
výhřevnost v MJ*m ⁻³	21,5	35,8	0	10,8	22,8
zápalná teplota °C	650- 750	650-750	0	585	0
hustota kg*m ⁻³	1,2	0,72	1,98	0,09	1,54

Základní surovinou pro výrobu bioplynu v bioplynových stanicích je biomasa. Tato je nositelem značného množství energie, které řadíme k obnovitelným zdrojům, vznikajících fotosyntézou. Z pohledu energetického využití jde v podmínkách České republiky zejména o zemědělské produkty jako jsou kukuřičná siláž, senáže, sláma, exkrementy užitkových zvířat, dřevní hmota (či dřevní odpady), energeticky využitelný komunální odpad nebo plynné produkty, které vznikají při provozu čistíren odpadních vod. Podle technického předpisu TPG 902 02 nejsou skládkové plyny počítané mezi bioplyn a to z důvodu toho, že mohou obsahovat širokou škálu škodlivých a jedovatých plynů a proto jej není možné vtlačet do veřejných plynárenských sítí.

3.2 Členění biomasy pěstované k produkci bioplynu

- **energetické plodiny** (šřovík, tritikale, čirok, chrostice rákosovitá, křídlatka, vrby, topoly, olše, akáty a podobně)
- **olejiny** (nejznámější je řepka olejná)
- **cukrovka, obilí, brambory.**
- **odpadní biomasa:**
 - rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (sláma kukuřice a obilovin, řepková)
 - sláma, zbytky z lučních areálů a nespasené zbytky, odpad po likvidaci náletových dřevin a odpady ze sadů a vinic)
 - odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic a přidružených zpracovatelských kapacit)
 - biologicky rozložitelné komunální odpady (separovaný sběrový papír, kuchyňské odpady, organické zbytky z údržby zeleně a podobně)

- organické odpady z průmyslových a potravinářských výrob (odpady z provozů na zpracování a skladování produktů rostlinné výroby, jateční a mlékárenské odpady, odpady z lihovarů a konzerváren, vinařských a dřevařských provozoven)
- lesní odpady (dřevní hmota z probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, klestí, odřezky atd.)- **biologicky nerozložitelná biomasa** → zplyňovací generátor (500°C) → pyrolýzní plyn (dřevoplyn)

➤ **Balastní látky**

Kromě již citovaného CH₄, jsou v bioplynu obsaženy tzv. balastní látky. Patří mezi ně oxid uhličitý a dále obsahuje bioplyn ještě menší množství dusíku a stopy až 1 % kyslíku. Do plynového systému se mohou dostat ze vzduchu, strženého při čerpání kejdy a manipulaci se substráty. U vysoce zatížených anaerobních reaktorů jsou v bioplynu až 3 objemová % vodíku. V závislosti na složení krmiva hospodářských zvířat obsahuje bioplyn sirovodík v množství 0,1 až 1 objemových procent. Při provozním sledování bioplynových stanic bylo v bioplynu maximálně 0,7 % sirovodíku (průměrně 0,3 až 0,35 %), tedy asi trojnásobné množství v porovnání s bioplynem z městských čistíren. Sirovodík při spalování vytváří oxid siřičitý, který znečišťuje ovzduší a ve spojení s vodou má korozivní účinky. V bioplynu je však síry podstatně méně než ve všech ostatních fosilních palivech. Hnědé uhlí obsahuje např. 2 až 4 % síry, těžké topné oleje a mazut asi 2 % a lehký topný olej až 1 % síry. Vedle zemního plynu je proto bioplyn palivo, které znečišťuje ovzduší oxidem siřičitým nejméně.²

3.3 Členění z pohledu lokalizace zdroje

Zdroje lze rozdělit následovně:

- Exkrementy hospodářských zvířat (kejda, ptačí trus, hnůj, močůvka, hnojůvka, podestýlka, atd.).
- Fytomasa - siláže, senáže, vybrané druhy energetických rostlin, ekonomicky neprodejně produkty (např. nezkrmené zbytky krmiv)
- Tříděný domovní a komunální odpad.
- Čistírny odpadních vod
- Odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu (mlékárenský, masný průmysl, lihovarnictví, cukrovarnictví).

² MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín

- Specifické a speciální odpady (např. bioodpady z chemické výroby, masokostní moučka).

3.3.1 Exkrementy hospodářských zvířat

Největším zdrojem surovin pro výrobu bioplynu je zemědělství. Především se jedná o odpady z živočišné výroby a zbytky rostlin. Exkrementy hospodářských zvířat je stále nákladnější skladovat a následně využívat v rostlinné výrobě jako hnojivo a to z důvodu technické náročnosti skladů a zpříšňujících se předpisů při nakládání s odpady, kam statková hnojiva patří. Ještě větším problémem však je, snižující se množství chovaných zvířat. Snižující se počty skotu a prasat vedou k nižší produkci statkových hnojiv a tudíž se snižuje i množství takto dosažitelné suroviny.

Digestát spolu s ostatními složkami představuje komplexní, organické minerální hnojivo s vysokou hnojivou účinností, srovnatelnou s chlévskou mrvou, přičemž hlavní předností fermentačního procesu je stabilizace organického zbytku a úplné odstranění zápachu. Kejda, podobně jako jakékoli jiné organické hnojivo, musí být v souladu s požadavky uvedenými v zákoně č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění posledních úprav a ve znění vyhlášek č. 474/2000 Sb., č. 401/2004 Sb. a č. 209/2005 Sb.³

V tabulce č. 2. Jsou uvedeny využitelné objemy produkce u jednotlivých vybraných hospodářských zvířat a též i obsah využitelné sušiny.

Tabulka č. 2: Obsah živin v kejdě hospodářských zvířat, zdroj: Richter

sledovaný parametr	roční produkce (t)	obsah sušiny v %	organická hmota v %
skot (1 Ks)	23	7,5-8,5	5,5
prasata (10 Ks)	21	6-8	6
drůbež (100 Ks)	10	13,7-15	10,5

3.3.2 Biomasa

Samostatným zdrojem získání suroviny pro výrobu bioplynu je cílená pěstební činnost. Sem můžeme zařadit veškeré pěstování biomasy, bez vazby na potravinářský průmysl. V dnešní době se jedná o vítaný zdroj využití pěstebních ploch a to z důvodu omezení chovu hospodářských zvířat a tím nižší poptávky po krmných plodinách. Jako alternativní řešení je pěstování biomasy pro využití ve spalovacím procesu (štěpka, pelety) a při výrobě bioplynu.

³ BABIČKA, Luboš

Pro výrobu bioplynu je v České republice nejvíce využívána:

- kukuřice v podobě kukuřičné siláže
- traviny ve formě senáže

Tabulka č. 3: Obsah živin ve fytohmotě, zdroj: E.ON

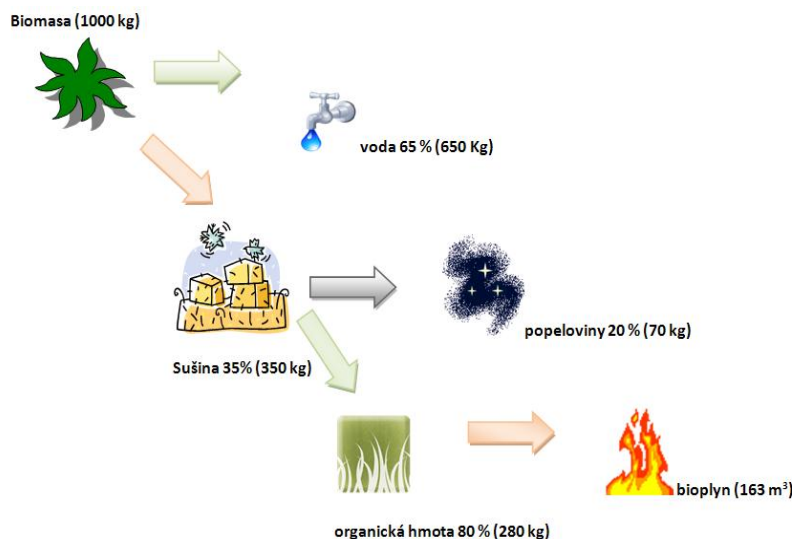
sledovaný parametr	roční produkce (t/ha)	obsah sušiny v %	organická hmota %
kukuřičná siláž	25- 40	30 - 35	80 - 90
travní senáž	2-16	25 - 60	70 - 95

Většinu dnes využívaného substrátu pro výrobu bioplynu tvoří kukuřičná siláž. Tvoří až 80% z objemu využívané fytohmoty a zbývajících 20% tvoří senáže a ostatní plodiny. Kukuřice tvoří nedílnou součást osevních postupů a tak je přirozenou plodinou. Nevýhodou pěstování kukuřice je zvýšené riziko půdní eroze.

Celkové pěstební plochy tvoří cca 200 000 ha, kdežto travní pěstební plochy je cca 970 000 ha. U travních porostů vzniká velký rozdíl u výtěžnosti na ha z důvodu extenzivního a intenzivního pěstování. Z uvedených údajů vyplývá, že je v ČR velký potenciál k využití biomasy pro výrobu bioplynu.

Výtěžnost: z jedné tuny biomasy lze na základě schematického znázornění v obrázku č. 1 získat uvedená množství jednotlivých složek.

Obrázek č. 1: schéma získávání bioplynu, zdroj: autor



Výtěžnost bioplynu a jeho hlavní složky metanu závisí na chemickém složení substrátu.

Ten můžeme rozdělit podle obsahu:

- Sacharidů - celulózy
- hemicelulózy
- Tuků- lipidů
- Proteinů
- Ligninu

Vzhledem k tomu, že poměr těchto složek v různých druzích substrátů je různý, odlišný je i jejich podíl a výtěžnost metanu.

Sacharidy a polysacharidy:

Patří sem škroby, celulóza a hemicelulóza. Měřítkem oxidačního stupně organické látky je průměrné oxidační číslo POXČ. Můžeme jej též nazývat teoretickou výtěžnost metanu. Čím je POXČ nižší, je výtěžnost metanu vyšší⁴. U sacharidů (glukóza) dosahuje hodnota POXČ 0,00. Z uvedeného plyne, že z jedné molekuly sacharidů, vzniknou tři molekuly metanu a tři molekuly CO₂. Můžeme tedy teoreticky stanovit obsah metanu v bioplynu na 50 %. Z polysacharidů je nejlépe rozložitelný škrob, který se poměrně snadno hydrolyzuje amylolytickými enzymy.

Celulóza je polymerem glukózy a je hůře rozložitelná. Pro hydrolyzu je nutná přítomnost celulólytických enzymů. Enzymy jsou přítomny v zažívacím traktu přežvýkavců, a tudíž je vhodné přidávat k substrátu s vyšším obsahem celulózy i kejdu skotu.

Hemicelulóza, tvoří ji rozvětvené řetězce s prostorovou strukturou. Hemicelulózy podléhají snáze a rychleji enzymatické hydrolyze než celulóza.

Lipidy:

Mastné kyseliny jsou společnou charakteristikou pro Lipidy. Podléhají snadno enzymové hydrolyze. Satureované a nenasatureované mastné kyseliny s dlouhým řetězcem a malým počtem atomů kyslíku v jejich molekulách, mají nízké POXČ v rozmezí od -1,63 do -1,70. To je důvod nejvyšší výtěžnosti metanu ze všech skupin substrátů. Problém vychází ze samotné podstaty vlastností tuků a tím je jejich hustota. Ta zapříčiňuje unikání tuků směrem k hladině a oddělování se z vodní fáze nebo zvýšenou tvorbu pěny.

Proteiny:

Jsou biologicky dobře rozložitelné látky. POXČ je v rozmezí od - 1,2 až - 2. Znamená to, že vykazují vysokou výtěžnost metanu. Mimo uhlíku, vodíku a kyslíku

⁴ Dohányos, M., Zábranská, J.

obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází v amoniak. Při zvýšené koncentraci může způsobovat inhibici tvorby metanu.

Vyvážený poměr C:N je důležitý pro dobrý průběh anaerobního procesu. Při nízkém poměru C:N dochází k vysoké produkci amoniaku, vyšší koncentraci a toxicitě. Ta je nebezpečná pro anaerobní bakterie, zejména metanogeny. Toxicky působí koncentrace nedisociovaná formy amoniaku závisí především na pH. S vyšším pH silně vzrůstá toxicita.

Optimální poměr C:N pro:

- tuhý odpad se pohybuje okolo 25 až 30
- exkrementy hospodářských zvířat nebo jatečních a kafilerních odpadů se 16 až 19
- Za kritický se považuje poměr C:N 12.

Ne všechny organické látky přítomné v surovině se však v průběhu procesu rozloží. Jaký podíl organických látek zůstane nerozložený, závisí i na technologických podmínkách na teplotě, době procesu a přípravě substrátu

Lignin:

Lignin je organickou součástí fytomasy, ale též i produktů, které z ní pocházející. Jsou to například různé druhy kejdy, hnoje, nedožerky a je hlavní součástí biologicky nerozložitelné frakce organických látek v stabilizovaném zbytku po anaerobní fermentaci. Mezi látky které jsou nerozložitelné patří především lignin, lignany a terpeny.

Z uvedeného dělení vyplývá, že s teoretickou výtěžností metanu se velice dobře pracuje, ale při přípravě konkrétních projektů se musí počítat s odchylkami. Jak vyplývá z názvu veličiny, jedná se o teoretickou hodnotu. V praxi musíme obzvlášť pečlivě brát v úvahu skladbu substrátu a obsah jednotlivých uvedených složek v substrátu.

3.3.3 Tříděný domovní a komunální odpad

Omezení množství biologických rozložitelných odpadů (které jsou dnes ukládány na skládky), je důležitým bodem požadavků směrnice rady 99/31/EC, o skládkování odpadů. Směrnice ukládá členským státům rady, aby do roku 2006 bylo množství biologického odpadu sníženo na 75 % z celkového vzniklého množství biologického rozložitelného odpadu v roce 1995 a dále v roce 2009 na 50 % a v roce 2016 na 35

%. Pokud bylo v roce 1995 ukládáno více jak 80 % těchto komunálních odpadů (případ ČR), je možné odložit splnění těchto požadavků nejvýše o čtyři roky.

Vliv na kvalitu substrátu má stupeň hutnění skládky, složení odpadu, vlhkost a teplota. Obsah sušiny je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Obsah sušiny ve skládkovém plynu, zdroj: E.ON

sledovaný parametr	obsah sušiny v %	organická hmota v %
skládka	30 - 60	20 - 80

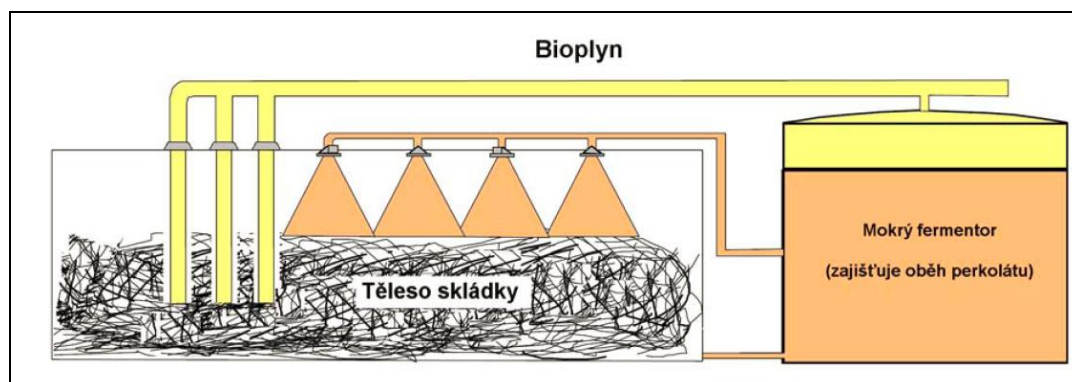
Rozložitelný odpad též nazýváme separovaným komunálním odpadem. Jeho využití při výrobě bioplynu dokládají zkušenosti ze světa, viz příklady uvedené v tabulce č. 5. Jedná se o data do roku 2000. Dnes je již v Evropě několik stovek funkčních bioplynových stanic.

Tabulka č. 5: Historické příklady před rokem 2000, zdroj GAS s.r.o.

historické příklady před rokem 2000			
země produkce	typ odpadu	celková kapacita t/rok	nejstarší v provozu od roku
Rakousko	separovaný komunální odpad	20 000	1993
Belgie	separovaný komunální odpad	11 300	1984
Finsko	tuhý kom. Odpad + kal z ČOV	40 000	1990
Švýcarsko	separovaný komunální odpad	15 000	1993
Francie	tuhý kom. Odpad	55 000	1988
Německo	separovaný komunální odpad	69 000	1992
Itálie	tuhý kom. Odpad	54 000	-
Holansko	separovaný komunální odpad	203 000	1987
Dánsko	separovaný komunální odpad	29 000	1991
USA	tuhý kom. odpad	20 000	1994
Anglie	tuhý kom. odpad	100 000	1995
Švédsko	separovaný komunální odpad	47 000	1994

Z jedné tuny komunálního odpadu lze získat cca 200- 250 m³ bioplynu, z čehož je cca 50% využitelných. Produkce bioplynu začíná 6- 20 měsíc po uzavření skládkového tělesa a produkce probíhá po dobu 5 let 25 m³/t a následně po dobu 20 let 75 m³/t. Následně produkce prudce klesá. Schéma viz obrázky č. 2.

Obrázek č. 2: schéma tělesa skládky, vertikální sběr, autor: Kára a kol. 2007



3.3.4 Čistírny odpadních vod

Jedná se o plyn získaný fermentací separovaných kalů. Nežádoucí je přítomnost toxických a inhibujících látek. Tyto by výrazným způsobem narušily biologický proces ve fermentoru. Jedná se například o všechna bakteriální léčiva (bakteriocidy), látky vzniklé při hnilobném rozkladu či vyšší koncentrace amoniaku. Nežádoucí jsou též látky, které přímo nenarušují biologický proces, ale negativně ovlivňují kvalitu zplynovaného kalu, jako, např. těžké kovy.

3.3.5 Odpady ze zpracovatelského potravinářského průmyslu

Druh odpadní biomasy:

- Živočišný původ- masný průmysl, mlékárenský průmysl, kožedělný průmysl, rybářství
- Rostlinný původ- výroba lihu (výpalky), cukru (řízky), lisování oleje (pokrutiny), pivovarnictví (mláto)

3.3.6 Specifické a speciální odpady

- Papírenská výroba (celulóza)
- Masokostní moučka
- Tuky

3.4 Bioplyn

Je plyn, který vzniká mikrobiálním rozkladem organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Majoritní složkou je metan CH_4 (cca 55-70%) a oxid uhličitý CO_2 (cca 30-40%). V závislosti na obsahu metanu může mít bioplyn výhřevnost v rozmezí 19,6 až 25,1 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Záleží na volbě základního substrátu. Nejnižší výhřevnost má zpracování kejdy skotu, kde se hodnoty pohybují mezi 19,6 až 22 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, následuje bioplyn z fermentace kejdy prasat 22 až 23 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Abychom získali optimalizovaný

poměr C:N a tím i z výšili výtěžnost CH₄, můžeme například přidat travní fytomasu k prasečí kejďě (s vysokým obsahem dusíkatých látek a nízkou sušinou).

Bioplyn je řazen do obnovitelných zdrojů energie.

Tabulka č. 6: složení a vlastnosti bioplynu, zdroj: E.ON

Složení a vlastnosti bioplynu					
chemické složky	výhřevnost v MJ*m ⁻³	Objemové rozmezí v %	kritický tlak MPa	kritická teplota °C	výbušná koncentrace se vzduchem v %
CH ₄	35,84	55 - 70	4,7	-82,5	5 - 15
CO ₂	0	27 - 44	7,4	31	0
H ₂	10,8	1 - 3	1,3	0	4 - 80
H ₂ S	22,8	0,1 - 1	8,9	100,4	4 - 45
NH ₃	0	stopové mn.	11,2	133	16
N ₂	0	1 - 3	3,3	-147,2	0

Data v příloze číslo jedna, přehledně dokladují výtěžnost bioplynu z jednotlivých substrátů. Hlavní složkou, která nás u substrátů zajímá, je sušina. Sušina obsahuje organické látky, které jsou bakteriemi rozložitelné (označujeme jako organická sušina, spalitelné látky) a popeloviny, což jsou anorganické a biologicky nerozložitelné látky, které nazýváme digestátem.

Digestát má vždy různé složení a to v závislosti na vstupním substrátu. Základem pro výpočet je obsah dusíku, podle kterého stanovíme dávku digestátu na hektar. Jelikož se dusík z digestátu uvolňuje velice rychle, je nutné jej co možná nejrychleji zapravit do půdy (do 24 hodin). Je to dáno především díky poměru C:N, který je u digestátu do 10:1, zatímco například u hnoje je to už 25:1 a u slámy dokonce 100:1. Organické látky v něm obsažené jsou v půdě pouze těžko rozložitelné.

3.4.1 získávání bioplynu

Základní rozdělení výroby bioplynu je z pohledu způsobu zpracování základního substrátu:

- **Mokrý technologie**
- **Suchá technologie**

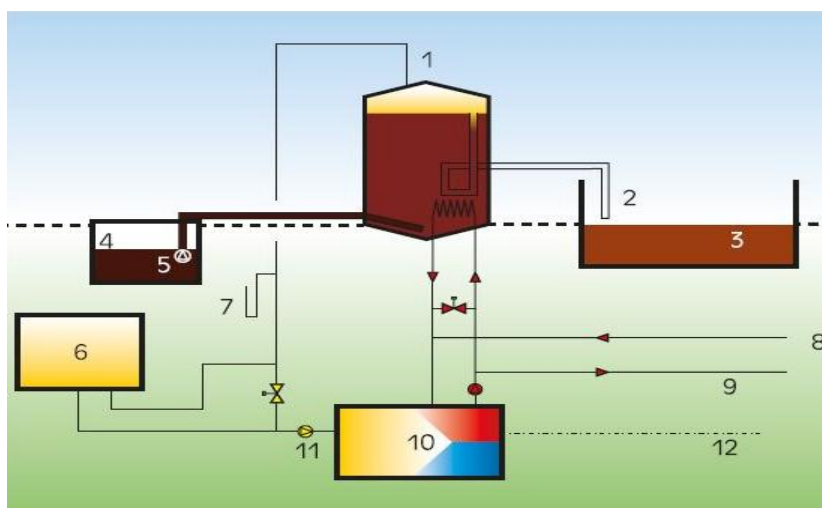
Mokrý technologie mají širší uplatnění a jsou historicky více rozšířené, technicky propracovanější a jsou dobře provozně prověřené. Dnešní nabídka technologických zařízení, vybavení a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče, separace) je velice bohatá, ale bohužel též výrazně složitější. Následně má zvyšující se nároky

na provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba) a díky složitosti i vyšší rizikovost četnosti poruch.

Proces štěpení lze rozložit do čtyřech, po sobě jdoucích kroků:

1. Hydrolyza: působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
2. Acidogeneze: působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
3. Acetogeneze: dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
4. Metanogeneze: závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká methan - CH_4 , tento krok provádějí metanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy.⁵

Obrázek č. 3: schéma bioplynové stanice- mokrá technologie, zdroj: EkoWATT



Popis zařízení: 1 – odvod bioplynu, 2 – přepad kalu, 3 – zásobník odplyněné kejdy, 4 – nová sběrná nádrž, 5 – kalové čerpadlo, 6 – plynojem, 7 – vodní uzávěr, 8 – připojení ke stávajícímu dálkovému vytápění, 9 – teplo z kogenerační jednotky, 10 – kogenerační jednotka, 11 – dmychadlo, 12 – elektřina z kogenerační jednotky

⁵ Anaerobní technologie- BIOPROFIT

3.4.2 Výhody mokré technologie:

- Mokré technologie mají širší, širokospektrální uplatnění z hlediska používání substrátu.
- Technologie jsou historicky rozšířenější.
- Technicky propracovanější, s různorodou nabídkou zařízení.
- Jsou dobře provozně prověřené v čase.
- Bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče, separace)

3.4.3 Nevýhody mokré technologie

- Zvyšují provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba)
- Zvýšená možnost četnosti poruch.
- Zvýšené investiční nároky na technologii- (míchače, drtiče, čerpadla)
- V případě závozu kontaminovaného substrátu je znehodnocena celá výroba stanice.
- V případě zvyšování kapacity produkce stanice jsou nároky na investice skoro jako u výstavby nové stanice.
- Nelze zpracovávat hodně suché substráty na bázi pilině podestýlky- tvoří krusty a ucpávají čerpadla.

Oproti tomu suché technologie byly původně navrženy pro zpracování komunálních biodpadů. Vzhledem k nové a přísnější legislativě se však domnívám, že v podmínkách ČR bude tato technologie využitelná především v zemědělských provozech, kde jsou k dispozici substráty s vysokým podílem sušiny. Na konci procesu zůstává pevný zbytek (fermentát) a tekutý zbytek (perkolát).

3.4.4 Výhody suché fermentace

- Biomasa není nutné před vložením do fermentoru ničím ředit, rozmělnovat, třídit nebo jinak upravovat. Též je možné bez problému zpracovávat materiál s delší řezankou, jako je tráva, travní senáže, slamnatý hnůj⁶
- Technologie je vhodná pro biomasu s vyšším obsahem sušiny (25% a více).
- Biomasa se ve fermentoru nemíchá ani do něj nečerpá, což znamená nižší požadavky na technologii a elektrickou energii.
- Jednodušší modernizace a rozšíření kapacity stanice.

⁶ Pokorná Marcela, Kšica Martin, Šmarda Pavel

- Po ukončení kvasného procesu není nutné fugát nijak odstřeďovat, zůstává na jedné straně kapalná složka (perkolát) a na straně druhé pevná složka (fermentát).
- V případě navezení nevhodného kontaminovaného materiálu jako například biomasa s pozůstatky antibiotik, které se mohou objevit v některé ze složek biologicky rozložitelném odpadu, není ohrožena produkce celé stanice. Vyveze se pouze jeden kontaminovaný fermentor a následně se naplní čerstvou biomasou a biomasou částečně fermentovanou (s přísadkou kejdy) z jiného fermentoru. Chod fermentoru se opět nastartuje a sníží se tím případné provozní ztráty.
- Nižší poruchovost stanice – nemá míchací zařízení, biomasa se naváží dovnitř kolovým nakladačem, nikoliv čerpadly.
- Plnění fermentoru probíhá pouze jednou až dvakrát do týdne- nižší požadavky na obsluhu

3.4.5 Nedostatky suché fermentace

- Malé množství suchých fermentorů v ČR a relativně malý počet těchto stanic v zahraničí. Tím je i malé množství referenčních aplikací k osvětě.
- Investiční náklady spojené s využitím této technologie na výstavbu bioplynové stanice jsou cca o 10- 15% vyšší.
- Nelze zpracovávat větší množství tekutých materiálů (kejda, kaly z ČOV).
- Technologie nevhodná pro materiály z potravinářského zpracovatelského průmyslu- odpady z jatek, mlékárenské výroby, atd.).
- Nutno osadit minimálně 4 fermentory- nerovnoměrná produkce bioplynu
- nároky na řízení procesu jsou vyšší.
- Proces lze efektivně řídit pouze vhodným stanovením struktury obsahu biomasy na počátku každého cyklu (struktura, předpokládaná délka zdržení). Možnosti zasahování do procesu v průběhu cyklu jsou pak již velmi omezené. (prostřednictvím perkolátu).

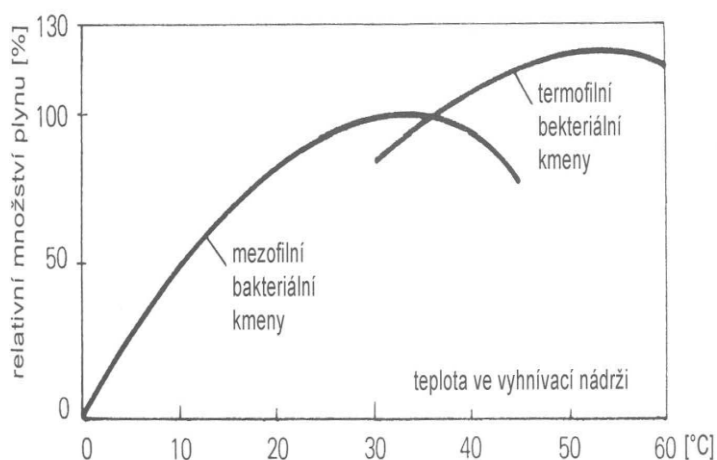
3.5 Členění z hlediska reakčních teplot

anaerobní procesy, podle optimální teploty pro mikroorganismy dělíme na.

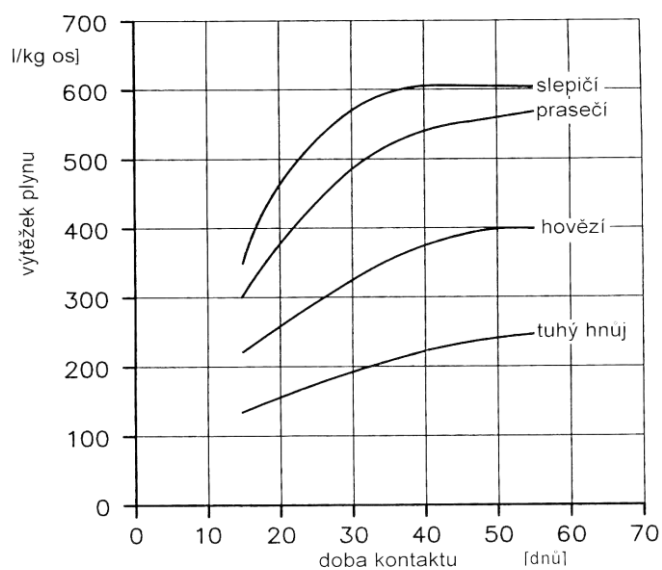
- psychrofilní (5-30°C)
- mezofilní (30-40°C)
- termofilní (45-60°C)
- extrémně termofilní (nad 60°C)

Procesy probíhající za vyšších teplot, jsou vhodné pro tzv. hygienizaci zpracovávaných materiálů. Tohoto jevu lze využít při zpracování odpadů ze zpracovatelského průmyslu (masný a mlékárenský), které jsou náchylné na pachovou stopu. Dnes je nejběžnější aplikací proces mezofilní, s teplotou cca 38°C. Obsah metanu je přímo závislý na teplotě procesu, při kterém vzniká. Je-li teplota při procesu vyšší, klesá přímo úměrně výtěžnost složky methanu CH₄, viz Graf č. 1. Druhým faktorem který výrazně ovlivňuje výtěžnost, je u zvířecích exkrementů živočišný zdroj a čas, viz. graf č. 2.

Graf č. 1: přímá vazba teploty procesu na výtěžnost, zdroj: E.ON



Graf č. 2: výtěžky bioplynu v čase, zdroj: E.ON



3.6 Složení a vlastnosti bioplynu (z fytomasy a organických odpadů)

Bioplyn vzniká z organické hmoty, která zahrnuje jak rostlinou biomasu (fytomasu) a živočišnou biomasu, tak vedlejší organické produkty či organické odpady. Vhodnost materiálu pro anaerobní fermentaci může být významně narušena např. stopovým množstvím nežádoucích příměsí. Hovoříme zpravidla o potlačení vzniku fermentačních bakterií, nebo nevhodnou manipulací s vstupním materiálem, nesprávným předchozím zpracováním. Největší množství bioplynu vzniká při fermentaci z rozkladu polysacharidů, lipidů a proteinů. Jedna z hlavních stavebních látek fytomasy je lignin, který je z hlediska metanogeneze balastním prvkem a tvorby metanu se téměř neúčastní, pokud není fyzikálně-chemickými procesy předem zpracován.

Ideální obsah sušiny pro zpracování fermentací je podle Jiřiny Čermákové⁷ 22 až 25 %, u kapalných odpadů je v rozmezí 8 až 12 %. Dolní hranice obsahu sušiny v substrátu je dána dobrou ekonomickou a energetickou bilancí výrobního procesu a zpravidla se dosahuje hodnoty 3 – 5 %, viz tabulka č. 7

Tabulka č. 7: výtěžnost jednotlivých substrátů, zdroj: Jiřina Čermáková

Substrát	Obsah sušiny [%]	Organická sušina v sušině [%]	Produkce bioplynu		Obsah CH ₄ v bioplynu [%]
			m ³ /t org. sušiny	m ³ /t vlhké hmoty	
Hovězí kejda	8,8	85	280	21	55
Prasečí kejda	6	85	400	20,4	60
Silážovaná kukuřice	33	96	586,1	185,3	52,2
Travní siláž	35	89	583,8	182,3	54,1
Zbytky z krmení	34	92,5	585	184	53
Podestýlka – pšeničná sláma	86	91,5	369	290	51
Žito - zrno	87	90	1000	45	68
Kuchyňské odpady bohaté na tuky	18	92	761,5	126,5	61,9

3.7 Technologie výroby bioplynu mokrou technologií

Příjmová jímka- Slouží k přijímání substrátů o nižším obsahu sušiny. Její kapacita je dimenzována v souladu s navrženým provozním režimem BPS. Z této příjmové (přečerpávací) jímky budou tekuté vstupy přečerpány centrálním čerpadlem přímo do hlavního fermentoru.

Centrální čerpací systém- Centrální čerpací systém spojuje a umožňuje čerpat substrát ze všech nádrží BPS. Jeho koncepcí umožňuje tzv. recyklaci provozní

⁷ Jiřina Čermáková, Tenkrát Daniel

kapaliny, kdy je část substrátové kapaliny (fugátu), zpětně použita k ředění procesního substrátu. Toto řešení umožňuje také lépe řídit stabilitu fermentačního procesu pomocí vzájemného promíchávání substrátů ve fermentorech. Centrální čerpadlo umožňuje čerpat mezi:

- příjmovou jímku – hlavním, nebo koncovým fermentorem
- Hlavní fermentor-koncovým fermentorem
- Hlavní / koncový fermentor – koncovým skladem

Fermentační nádrže- samostatná monolitická železobetonová fermentační nádrž s pevným stropem v provedení **kruh v kruhu**. Disponuje vlastní temperací, míchací technikou a bezpečnostním zařízením. Velikost reakčního objemu fermentačních nádrží a jejich počet je navrhován dle specifických parametrů předpokládaného provozu. Všechny fermentační nádrže jsou vybavené kapalinovou přetlakovou ochranou s automatickým doplňováním a mechanickou přetlakovou ochranou, snímači stavu hladiny, teplotními čidly, systémem biologického odsíření.

Vybavení strojové:

- tažná šikmá lopatková míchadla
- tlačná šikmá lopatková míchadla
- pomaluběžná, kolmo postavená pádlová míchadla
- Kontrolní rám pro provádění revize a zrakové kontroly
- Panel pro manuální ovládání míchadel
- Plynová spojka s ventilem odsíření a odběrem vzorků plynu
- Kombinované kontrolní zařízení – odběr vzorků fermentátu, čidlo teploty, čidlo tlaku plynu, měření hladiny
- Přetlakové mechanické pojistky (hlavní a koncový fermentor),
- Vytápění fermentoru- předehřev
- Šachta na odsávání usazenin v hlavním fermentoru
- Plynové potrubí (odběr plynu) pro každý prostor zvlášť
- Hromosvody a uzemnění

Hlavní fermentor- Prstencová železobetonová fermentační nádrž s pevným stropem. Obsahuje teplovodní vyhřívání s automatickou regulací. Do fermentoru je zavedeno dávkování „tekutého“ substrátu z příjmové jímky a „pevného“ substrátu z dávkovacího zařízení. Dávkování je substrátů je prováděno semikontinuálně řídicím systémem BPS v souladu s aktuálními procesními požadavky. Fermentor obsahuje sedimentační sběrný kanál, který slouží k zachycení pevných příměsí či usazenin. Přechod materiálu mezi hlavním a koncovým fermentorem je samovolně přepadem.

Skladování digestátu- řešeno v návaznosti na skladové hospodářství pro možnost dalšího využití.

Dávkování pevného substrátu (příklad)- dávkování pevných substrátů (senáže, siláže, řízků, popř. hnoje) bývá zajištěno dávkovačem s posuvným čelem. Celé zařízení je propojeno s centrálním řídicím systémem, který určuje intervaly a množství dávkování substrátů. Dávkování je váhové. Velikost násypky je vybavena posuvnými lištami a dávkovacím šnekem, který vstupuje do fermentoru pod úrovní hladiny. K dávkovači lze také zařadit drtící zařízení pro předzpracování problematických substrátů typu chlévská mrva a travní senáž. Podrcením materiálu na krátkou řezanku lze snížit náročnost míchání a zároveň zefektivnit jeho odbourání a tím maximalizovat energetické využití substrátu.

Plynojem a plynová cesta - membránový plynojem bývá umístěn mimo fermentační prostor a nachází se v ochranném silu (v provedení železobeton nebo plech). Plynojem může mít funkci kompenzačního zařízení, jehož kapacita je dimenzována v závislosti na instalovaném výkonu. Dimenze plynojemu se volí s dostatečnou kapacitou v závislosti na požadované produkci bioplynu. Jako volitelnou možnost lze nabídnout integraci plynojemu do skladovací jímky.

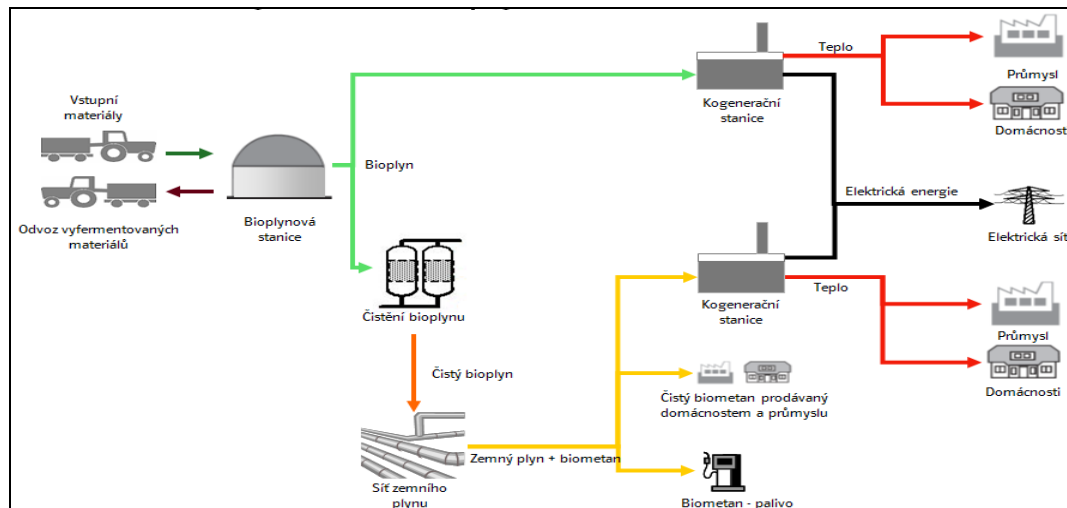
Bezpečnostní hořák- hořák zbytkového plynu má bezpečnostní funkci při výpadech zpracování bioplynu. Spalovací výkon hořáku volíme dle parametrů konkrétní BPS.

Centrální řídicí systém BPS- automatizuje většinu provozních operací (dávkování substrátů, ovládání míchadel a čerpadel, kogenerační jednotky), monitoruje průběžně fermentační proces na základě aktuálních charakteristik biochemického procesu. Prostřednictvím on-line připojeného PC lze provádět dálkovou správu provozu a vyhotovovat záznamy o provozních charakteristikách. Systém umožňuje včasné varování v případě poruchy či nadlimitních provozních

údajů SMS zprávou nebo emailem. Systém snižuje nároky na personální osazení BPS.

Monitorovací zařízení- měření teploty, snímače tlaku plynu, hladiny procesního substrátu. Na úseku plynové cesty taktéž měření tlaku plynu v celém plynovém systému.

Obrázek č. 4: schéma produkce a využití bioplynu, zdroj: E.ON



Obrázek č. 5: Pohled na bioplynovou stanici v Třeboni z ptačí perspektivy, zdroj: E.ON



Obrázek č. 6: Fermentory bioplynové stanice v Třeboni, zdroj: E.ON



3.8 Přehled dostupných technologií čištění

- adsorpční technologie PSA
- absorpční tlaková vypírka (fyzikální)
(chemická)
- membránová separace
- nízkoteplotní rektifikace – kryotechnologie

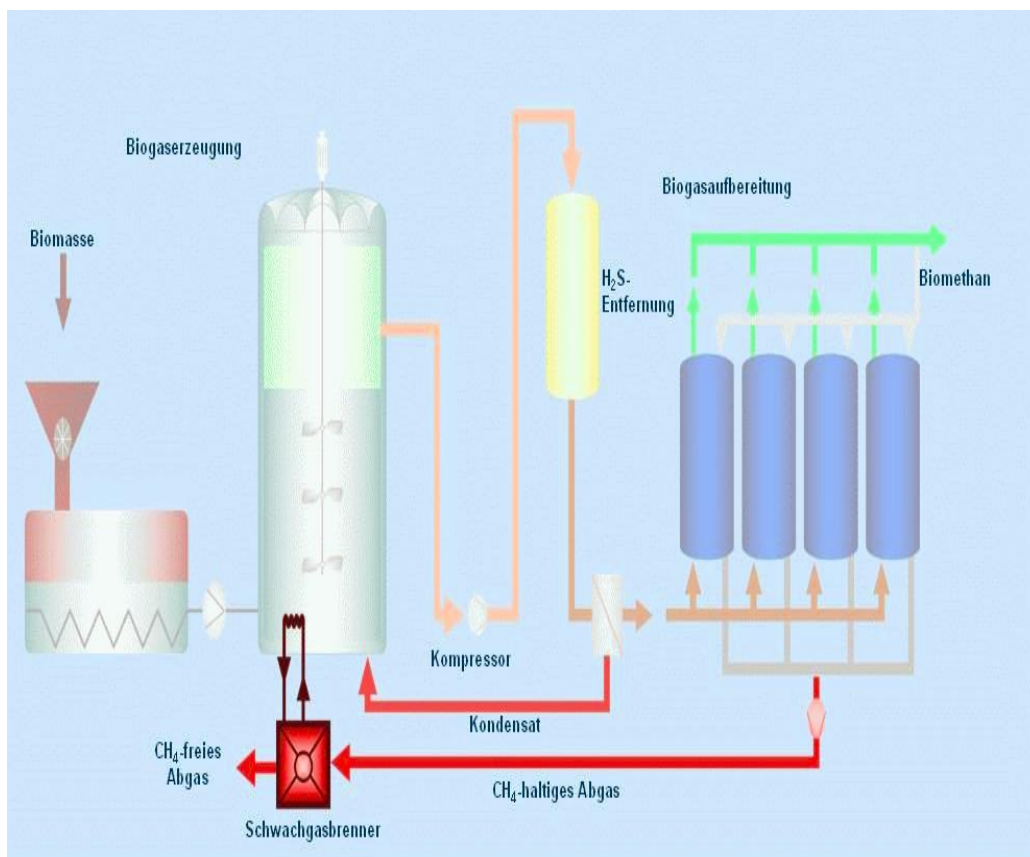
Největšího uplatnění v reálném provozu doposud doznaly s jistými modifikacemi v zásadě dvě technologie: proces tlakové adsorpce označovaný jako „PSA“ (z AJ Pressure Swing Adsorption) a fyzikální či chemická absorpce. Zde se používá buď voda a nebo jiný roztok (v AJ nazván jako „scrubbing“ či „washing“); slibnou technologií z pohledu energetických i prostorových nároků je pak i membránová separace, která zatím není v širším měřítku rozšířena, ale je zde velký potenciál. Za podobně perspektivní je považováno i využití kryogenní metody separace. Její praktické uplatnění pro úpravu bioplynu je však zatím ve stádiu vývoje a ověřování.

3.8.1 Technologie PSA- metoda střídání tlaků (Pressure Swing Adsorption)

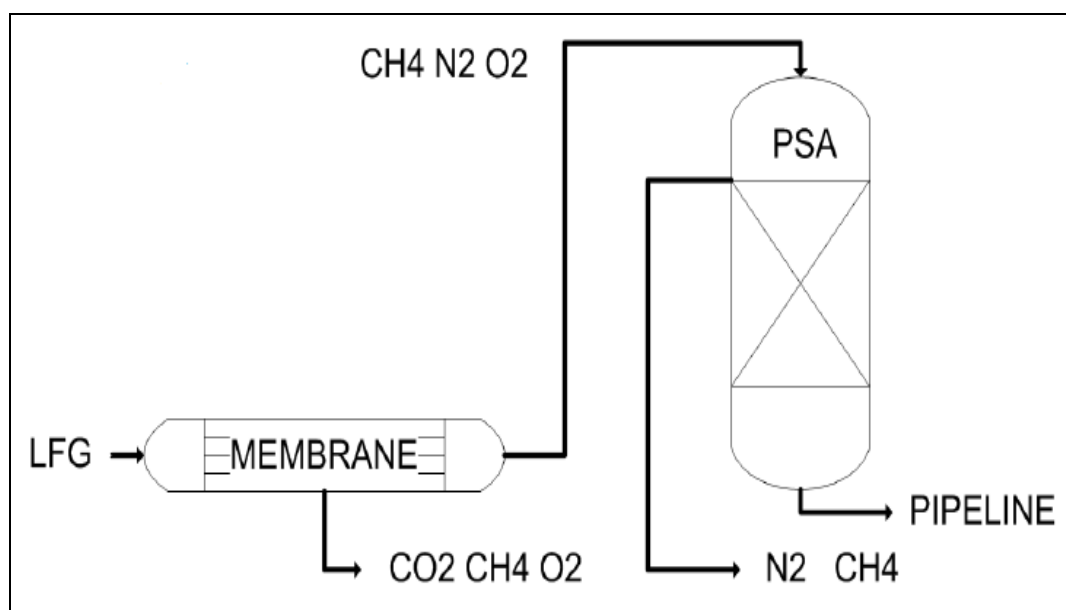
Pro separaci oxidu uhličitého využívá tzv. Van der Waalsových sil, které vážou molekuly CO_2 na povrch vysoce porézního aktivního uhlí. Adsorpce probíhá za zvýšeného tlaku.

Desorpce – regenerace adsorbentu při sníženém tlaku. V adsorbéru se tak opakovaně mění tlakové podmínky podle čehož se proces v podstatě nazývá. Aby produkce biometanu byla nepřerušovaná, bývá instalováno vždy několik adsorbérů. Tyto pak pracují paralelně a pokaždé se nacházejí v různé fázi procesu. Vyššího výkonu se dosáhne instalací dalších zařízení. Procesní průběh znázorňuje obrázek č. 7 a 8. Bioplyn zbavený síry se stlačuje na cca 0,4 – 0,7 MPa. Následně se zchladí na teplotu 10- 20 °C. Dochází k odloučení kondenzující vody. Takto vyčištěný plyn se přivádí zespodu do adsorbéru, který obsahuje tzv. molekulární síto tvořené velmi jemně rozemletým uhlíkem. Na tomto adsorbentu se zadrží CO_2 a zbytkový obsah H_2O a H_2S a rovněž malé množství metanu. Z horní části filtračního zařízení vychází metan o koncentraci **95 – 98 %**. Po nasycení adsorbéru se přítok vstupního bioplynu přepne na druhou sadu regenerovaných filtrů. V klasickém uspořádání procesu PSA zajišťuje střídání sad filtrů řídicí jednotka pomocí elektromagnetických ventilů.

Obrázek č 7: schéma Proces PSA, zdroj: CarboTech



Obrázek č. 8: schéma Proces PSA, zdroj: Xebec

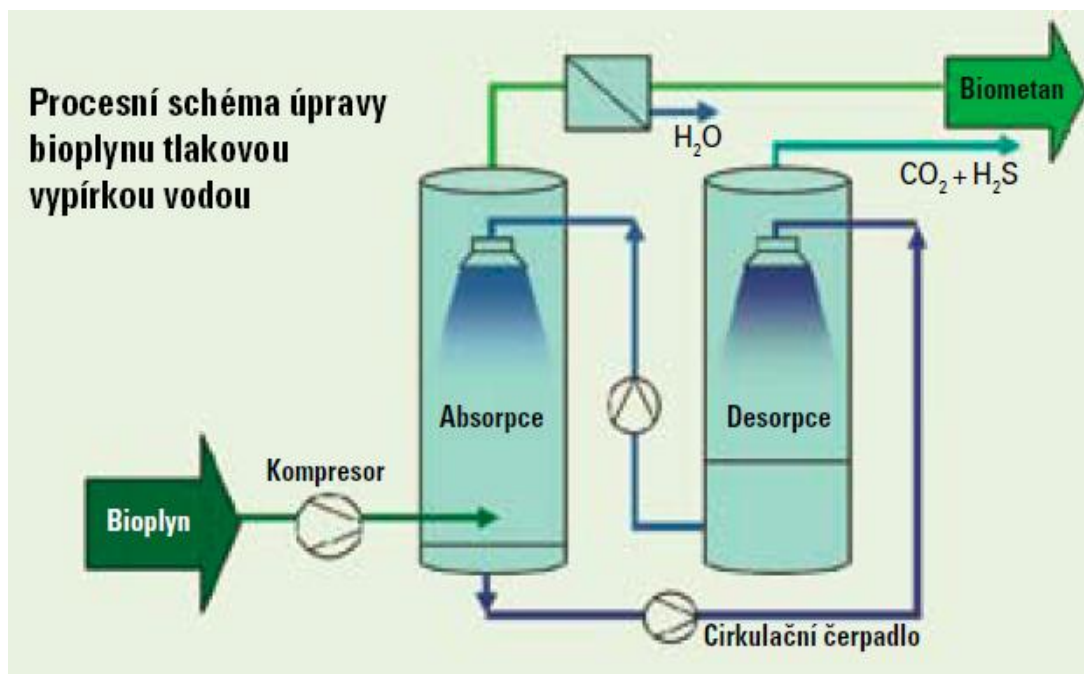


3.8.2 Tlaková vypírka- (Pressure Water Absorption PWA), (Water Scrubbing DWW)

Technologie využívá odlišné rozpustnosti nežádoucích složek bioplynu – konkrétně oxidu uhličitého, sulfanu a čpavku – oproti metanu při různé teplotě a tlaku (při tlaku 1 bar a teplotě 25 °C má CO₂ 25 krát větší rozpustnost než metan, H₂S téměř 80 krát a NH₃ dokonce více než 20 tis. násobně). A tak zatímco je při průchodu pracovním prostředím za zvýšeného tlaku jimi "nasyčena" procesní kapalina, metan prochází a zvyšuje svůj podíl na výstupním plynu. Nejčastěji se jako pracovní médium, používá voda (tento proces se v AJ nazývá "water scrubbing"). Procesní schéma tlakové vypírky vodou ukazuje obrázek č. 9. Surový bioplyn je stlačen ve dvou po sobě jdoucích stupních komprese. Musím zde počítat s chlazením na teplotu cca 15 °C a tlak 0,3 – 0,7 MPa. Následně přechází bioplyn do spodní části absorpční kolony. Do její horní části je vstřikována voda, která v protiproudovém toku zachytí nežádoucí plyny a výsledný biometan odchází s obsahem 95 – 98% CH₄. (Tento proces neodstraní zbytkový obsah plynů N₂ a O₂.) Pro vyšší účinnost procesu je kolona uvnitř vyplněna vysoce porézním materiálem s velkou vnitřní pracovní plochou. Voda ze spodní části kolony se přečerpá do expanzní nádoby a následně po odtakování na atmosférický tlak do desorpční kolony. Zde se rozpuštěné plyny uvolní za pomoci protiproudu vzduchu a spolu s ním odcházejí do atmosféry. Regenerovaná voda je zpravidla čerpána zpět do pracovního procesu. Plyn uvolněný v expandéru je recirkulován zpět do sání druhého stupně komprese.

Pro zvýšení účinnosti jsou též využívána organická rozpouštědla. Nejčastěji jimi jsou Genosorb® nebo Selexol®. Toto jsou roztoky na bázi polyetylen glykolu.

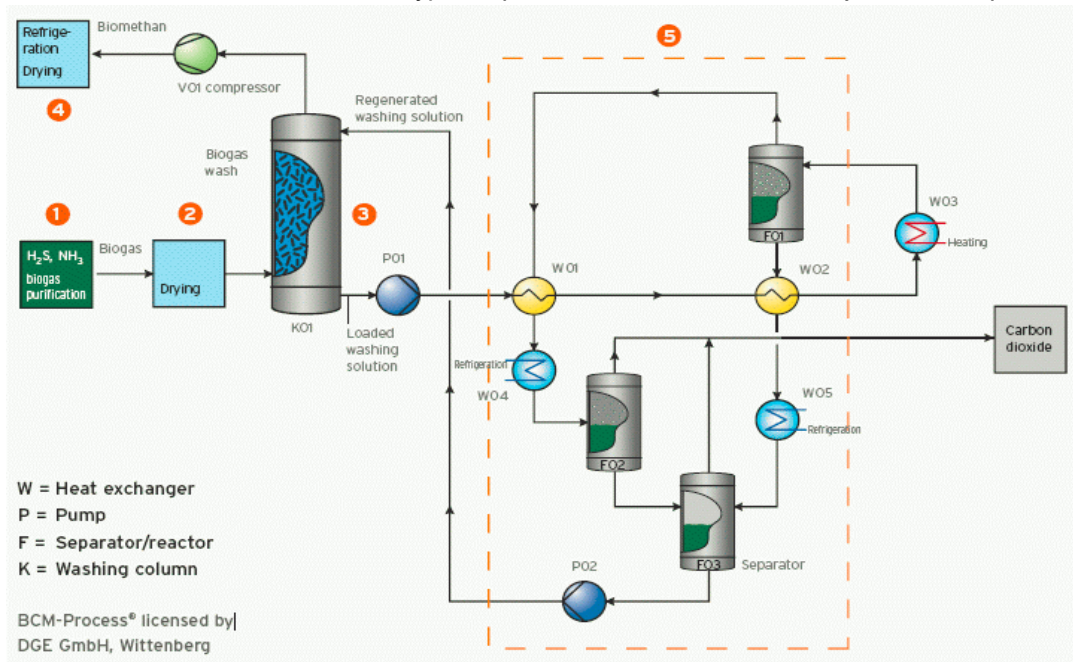
Obrázek č. 9: schéma Tlaková vypírka, zdroj: SEVEn, o.p.s.



3.8.3 Chemická vypírka- (Chemical Scrubbing)

Oddělování nežádoucích příměsí, přítomných v bioplynu, od metanu je možné docílit i chemickou absorpcí. Výhodou oproti fyzikální vypírce je vyšší oddělitelnost a rozpustnost nežádoucích plynů, a to i při atmosférickém tlaku. Nejčastějším sorbentem je monoetanolamin. Označení MEA. Schéma procesu chemické vypírky je velmi podobné (viz obrázek č. 10), liší se však způsobem absorpce a pracovními podmínkami. Vstupní surový bioplyn je stlačován pouze na cca 50 kPa, aby byl překonán tlak vodní sprchy. Následně je vychlazen na teplotu cca 10 °C. Sorbent je ředěn vodou na koncentraci cca 10 – 20 % a na rozdíl od fyzikální vypírky jsou vázány nežádoucí plyny chemicky. Obohacený biometan odchází v koncentraci 96 – 99 %. Sorbent se regeneruje opět v desorpční koloně po zahřátí roztoku. Ve spodní části se zahřívá cca na teplotu přes 100 °C. Část vody se odpaří. Absorpční technologii k obohacování bioplynu nabízí řada firem. Tlakovou vypírku vodou např. společnosti Malmberg Water AB a Flotech Group, na bázi organického rozpouštědla Genosorb® pak např. Haase Energietechnik AG. Absorpci chemickou cestou pak využívá řešení firmy MT-Biomethan GmbH či Cirmac International BV.

Obrázek č. 10: schéma Chemická vypírka, proces MT-Biomethane, zdroj: SEVEN, o.p.s.

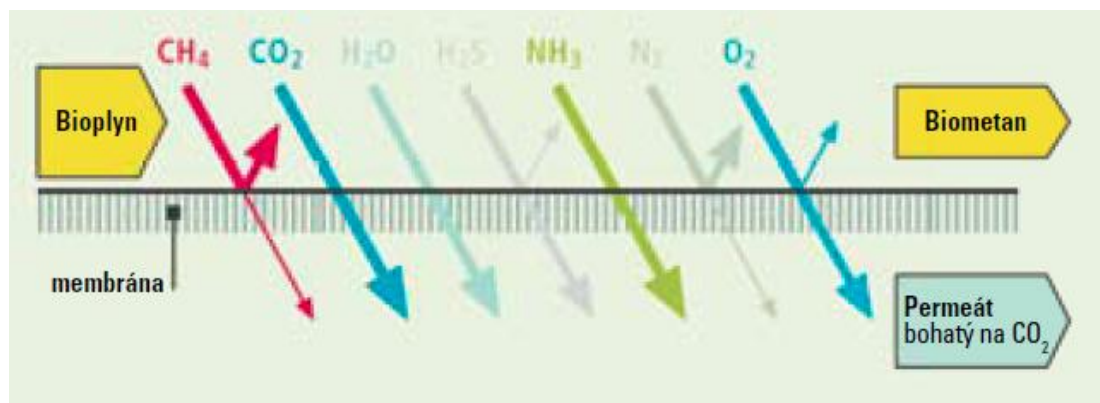


3.8.4 Membránová separace

Různé průchodnosti bioplynových složek využívá membránová separace. Využívána je tenká membrána. Konstrukčním materiálem jsou nejčastěji polymery. Membránou prochází nejlépe CO_2 , zbytkový obsah H_2S a vodní páry. Nazýváme jej jako tzv. permem. Většina metanu CH_4 zůstává před membránou a je odváděna tlakem mimo membránu. Nazýváme jej retenát, viz obrázek č. 11.

Podle uspořádání bioplynové stanice je separace buď jednostupňová, nebo dvoustupňová. Volíme podle požadovaného výkonu stanice. Pro snížení ztrát metanu lze zbytkový retenát převést do druhého stupně a tím zefektivnit celkový výkon. Technologie dosahuje míry vyčištění na úrovni 90 %

Obrázek č. 11: schéma Membránová separace, zdroj: SEVEN, o.p.s.



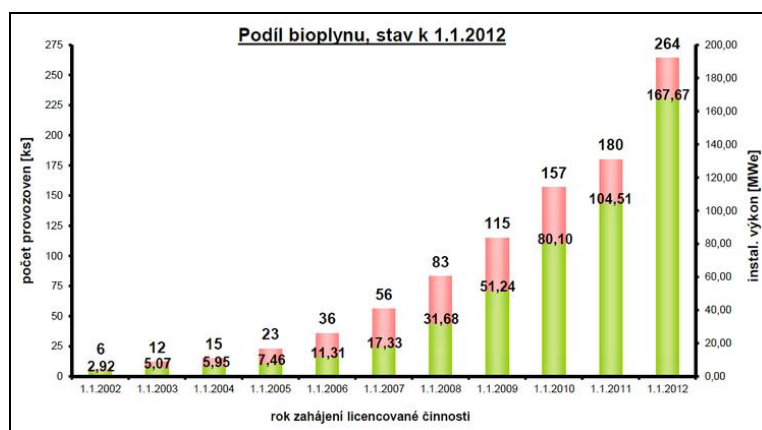
3.8.5 Nízkoteplotní separace

Oxid uhličitý a metan mají dosti rozdílné body varu (CO_2 -78 °C; CH_4 -161 °C). Této skutečnosti lze tak využít a kryogenní cestou, tj. ochlazením bioplynu na velmi nízkou teplotu (min. -80 °C), oddělit CO_2 a příp. další nežádoucí složky od metanu jejich zkapalněním příp. rovnou desublimací. Výhodou tohoto postupu je velmi vysoká čistota výsledného plynu (více než 99 % CH_4) a také možnost dále zhodnotit zkapalněný CO_2 . Při ještě nižších teplotách pak může být zkapalněn i biometan, čímž se pak může stát náhradou za LNG. Zatím však uplatnění této technologie nedoznalo v této oblasti komerčního využití, zejména z důvodu vysoké kapitálové a energetické náročnosti.⁸

4. Výsledky pozorování

Abychom byli schopni jasně a průkazně odpovědět na otázku, zda a za jakých nákladů jsme schopni biometan produkovat, je nutné rozebrat jednotlivá stadia výroby bioplynu, následné čištění a obohacení. Nedílnou součástí jsou i náklady na vtláčení do sítě a odorizaci biometanu. Z grafu č 3 vyplívá v současnosti nejvíce používaný způsob využívání bioplynu, a to pro pohon kogenerační jednotky a výrobu elektrické energie. K 1.1.2012 bylo rezervováno 264 MW, což je jen 1,31 % z celkového instalovaného výkonu v ČR 20100 MW (údaj k 31.3.2011). Poslanecká sněmovna schválila sněmovní novelu zákona o podpoře obnovitelných zdrojů, která předpokládá stanovení podpory výkupu biometanu ve výši 1700 Kč / MWh z původně navržených 4000 Kč/ MWh. 14.3.2012 tento zákon však vetoval prezident republiky Václav Klaus a do současné chvíle není tento zákon v platnosti. Vývoj mapuje graf č. 3.

Graf č. 3: Vývoj instalovaného výkonu z bioplynu v letech, zdroj: ERÚ



⁸ Zdroj: SEVEN- projekt MadeGasCar

4.1 Náklady na výrobu surovin pro BPS

Kalkulace nákladů v rostlinné výrobě

- 1 Materiálové náklady
- 2 Osiva
- 3 Hnojiva
- 4 Prostředky ochrany rostlin
- 5 Mzdové náklady
- 6 Náklady na mechanizaci
- 7 Ostatní přímé náklady a služby
- 8 Fixní náklady

Příklady jednotlivých dílčích kalkulací a výzkumné výsledky ÚZEI:

Osivo

Výpočet normy výsevu:

$$N \text{ (kg)} = \text{HMKS} \times 0,01r$$

- HMKS- hmotnost milionu klíčivých semen
- r – optimální počet semen na 1 m²

Výpočet normy přesného výsevu:

$$N \text{ (kg/ha)} = (1000 \times \text{HTS}) : (a \times b)$$

- HTS – hmotnost 1000 semen
- a – vzdálenost výsevu v řádku
- b – meziřádková vzdálenost

Náklady na dopravu na 1ha

Standardy pro zemědělství ČR

- Kukuřice- ČR 116 - 192 l/ha
- Louky- ČR 56 – 131 l/ha
- Doprava, odvoz(vzdálenost 3 km) – 0,7 l/t

Nároky a náklady na hnojení kukuřice

Z pohledu výtěžnosti bioplynu je hlavní surovinou pro bioplynové stanice kukuřice. Největší předností kukuřice je vysoký nárůstu biomasy. To vše ještě při dodržení osevních postupů. Výnos biomasy však klesá s nadmořskou výškou. Ve vyšších polohách nedozrává kukuřice na zrno, a tudíž je zde prostor právě pro pěstování kukuřice na biomasu.

V níže uvedené tabulce číslo 8, jsou uvedeny hodnoty množství jednotlivých chemických prvků v hnojivech, která jsou nutná pro získání kvalitní suroviny jako následný zdroj metanu CH₄. V tabulce jsou uvedeny též náklady na toto hnojení.

Jedná se však o orientační ceny, jelikož lze náklady znatelně ovlivnit přesným hnojením v jednotlivých 3 fázích hnojení.

Tabulka č. 8: Výživa rostlin a hnojení, zdroj: Doc. Ing. S. TESÁŘ Csc.

	N	P	K	Mg	Ca	Náklady v Kč N	Náklady v Kč P	Náklady v Kč K	Náklady v Kč Mg	Náklady v Kč Ca	Náklady celkem v Kč/ha
1.	100	20	90	5	20	1300	340	630	70	60	2400
2.	240	70	215	35	70	3120	1190	1505	490	210	6515
3.	400	120	350	70	120	5200	2040	2450	980	360	11030
celkem	740	210	655	110	210	9620	3570	4585	1540	630	19945

Abychom získali údaje pro další kalkulace, je nutné poříditi co možná nejpřesnější průměrovaná data. Tyto jsou získána z dlouhodobých pozorování u vysokého počtu pěstitelů, viz tabulka č. 9 a 10. Je zde významně eliminována případná chybovost v údajích u samostatných zdrojů dat u jednotlivých pořizovatelů.

Kukuřice

Tabulka č 9: Náklady a výnosy kukuřice 2009- zdroj: J. Poláčková ÚZEI⁹

Ukazatel	Měrná jednotka	Výrobní oblast			Šetření celkem
		K a Ř	B	BO a H	
Osiva (sadba) - nakupovaná	Kč/ha	3 005	3 072	2 868	3 004
Osiva (sadba) - vlastní	Kč/ha	274	534	264	411
Hnojiva - nakupovaná	Kč/ha	2 691	3 192	2 990	3 041
Hnojiva - vlastní	Kč/ha	986	686	714	751
Prostředky ochrany rostlin	Kč/ha	1 802	1 661	1 546	1 657
Ostatní přímý materiál	Kč/ha	616	727	520	650
Přímé materiálové náklady celkem	Kč/ha	9 373	9 871	8 902	9 514
Ostatní přímé náklady a služby	Kč/ha	2 171	1 483	1 546	1 631
Mzdové a osobní náklady - přímé	Kč/ha	436	343	372	369
- pomocných činností a režijní	Kč/ha	4 214	3 053	2 574	3 146
Mzdové a osobní náklady celkem	Kč/ha	4 650	3 396	2 947	3 515
Odpisy DNHM - přímé	Kč/ha	17	24	122	49
Náklady pomocných činností	Kč/ha	2 683	3 127	2 441	2 857
Výrobní režie	Kč/ha	2 483	3 202	3 181	3 059
Správní režie	Kč/ha	1 451	872	881	985
Vlastní náklady celkem	Kč/ha	22 828	21 975	20 019	21 610
Podíl hlavního výrobku	%	100	100	100	100
Vlastní náklady výrobku	Kč/ha	22 828	21 975	20 019	21 610
Hektarový výnos	t/ha	36,33	39,72	39,48	39,01
Vlastní náklady výrobku	Kč/t	628	553	507	554
Počet podniků	počet	35	86	45	166

⁹ Souhrnná data podle ÚZEI

Louky:

Ukazatel	Měrná jednotka	Výrobní oblast			Šetření celkem
		K a Ř	B	BO a H	
Osiva (sadba) - nakupovaná	Kč/ha	86	54	38	49
Osiva (sadba) - vlastní	Kč/ha	13	93	106	94
Hnojiva - nakupovaná	Kč/ha	217	161	147	158
Hnojiva - vlastní	Kč/ha	99	372	249	307
Prostředky ochrany rostlin	Kč/ha	22	27	12	20
Ostatní přímý materiál	Kč/ha	70	268	224	240
Přímé materiálové náklady celkem	Kč/ha	506	975	776	869
Ostatní přímé náklady a služby	Kč/ha	800	241	315	299
Mzdové a osobní náklady - přímé	Kč/ha	184	181	181	181
- pomocných činností a režijní	Kč/ha	802	941	842	893
Mzdové a osobní náklady celkem	Kč/ha	986	1 122	1 023	1 074
Odpisy DNHM - přímé	Kč/ha	0	38	71	50
Náklady pomocných činností	Kč/ha	743	1 518	946	1 241
Výrobní režie	Kč/ha	451	660	756	690
Správní režie	Kč/ha	202	208	396	286
Vlastní náklady celkem	Kč/ha	3 688	4 763	4 283	4 510
Podíl hlavního výrobku	%	100	100	100	100
Vlastní náklady výrobku	Kč/ha	3 688	4 763	4 283	4 510
Hektarový výnos	t/ha	10,45	15,35	15,88	15,33
Vlastní náklady výrobku	Kč/t	353	310	270	294
Počet podniků	počet	20	86	59	165

Nejdůležitějším údajem pro nás je v této chvíli náklad na jednu tunu výrobku. Z této hodnoty jsme schopni propočítat získané množství CH₄.

Pro lepší přehled uvádím ještě výsledky pro jednotlivé pěstební oblasti, včetně procentuální nákladovosti na jednotlivé nákladové položky, ze kterých vyplývá, že v prvovýrobě surovin pro bioplynové stanice jsou to náklady na mechanizaci, mzdové náklady a fixní náklady, viz tabulka č. 10 a 11.

Tabulka č. 10: Výnosy a náklady pícnin- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (rok 2008), vlastní výpočty ÚZEI (rok 2014)¹⁰

Ukazatel	MJ	Skutečnost 2008				Predikce 2014			
		K+R	B	Bo+H	CR	K+R	B	Bo+H	CR
KUKURICE NA SILAŽ									
Hektarový výnos	t/ha	33,06	35,57	34,44	34,64	34,07	41,36	42,80	39,76
Náklady celkem	Kč/ha	23 025	22 751	21 025	22 413	24 737	25 152	26 005	25 398
Náklady jednotkové	Kč/t	697	640	610	647	726	608	608	639
OSTATNI JEDNOLETE PICNINY									
Hektarový výnos	t/ha	17,73	20,80	20,91	20,42	21,50	24,40	17,30	20,36
Náklady celkem	Kč/ha	12 524	13 073	13 148	13 018	11 137	13 043	10 979	12 084
Náklady jednotkové	Kč/t	706	629	629	638	518	535	635	594
VICELETE PICNINY									
Hektarový výnos	t/ha	33,23	33,48	35,00	33,66	35,66	39,64	35,68	37,32
Náklady celkem	Kč/ha	10 150	8 939	8 773	9 366	10 810	9 468	9 052	9 878
Náklady jednotkové	Kč/t	305	267	251	278	303	239	254	265

Tabulka č. 11: Výnosy a náklady trvalých travních porostů- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (rok 2008), vlastní výpočty ÚZEI (rok 2014)

Ukazatel	MJ	Skutečnost 2008				Predikce 2014			
		K+R	B	Bo+H	CR	K+R	B	Bo+H	CR
LOUKY									
Hektarový výnos	t/ha	13,52	14,72	15,56	14,98	15,15	13,29	14,78	14,03
Náklady celkem	Kč/ha	5 281	5 022	4 694	4 906	5 506	4 504	4 771	4 693
Náklady jednotkové	Kč/t	391	341	302	328	363	339	323	335
PASTVINY									
Hektarový výnos	t/ha	6,22	8,12	10,68	9,30	5,63	7,00	8,94	6,94
Náklady celkem	Kč/ha	747	1 109	1 946	1 515	2 459	1 929	2 230	2 204
Náklady jednotkové	Kč/t	120	137	182	163	437	275	249	318

Tabulka č. 12: Podíly nákladových položek na celkových nákladech - pícniny (%) - zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (období 2002-2008), vlastní výpočty ÚZEI (období 2009-2014)

Plodina	Období	Materiálové náklady	Osiva (sadba) nakupovaná	Osiva (sadba) vlastní	Hnojiva nakupovaná	Hnojiva vlastní	Přípravky ochrany rostlin	Náklady na mechanizaci	Ostatní přímé náklady a služby	Mzdové a osobní náklady celkem	Fixní náklady
Kukuřice na siláž	2002-2008	35,2	13,6	1,7	13,0	3,7	8,5	15,5	8,4	16,8	18,9
	2009-2014	39,5	12,4	1,4	17,8	3,3	9,3	15,2	7,4	15,1	18,2
Ostatní jednoleté pícniny	2002-2008	25,2	11,4	3,3	10,2	3,5	3,6	17,6	6,4	19,3	24,6
	2009-2014	25,2	12,1	3,0	9,9	3,0	3,2	18,7	6,0	19,0	25,0
Víceleté pícniny	2002-2008	15,9	7,7	2,9	4,5	2,8	3,7	23,2	8,1	23,1	24,0
	2009-2014	18,6	7,4	2,7	7,0	1,9	4,2	23,6	7,2	22,3	23,6
Pícniny celkem	2002-2008	25,4	10,9	2,6	9,3	3,3	5,2	18,8	7,6	19,7	22,5
	2009-2014	27,8	10,6	2,3	11,6	2,8	5,5	19,2	6,8	18,8	22,3

¹⁰ ÚZEI

Tabulka č. 13: Podíly nákladových položek na celkových nákladech - trvalé travní porosty (%) - zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (období 2002-2008), vlastní výpočty ÚZEI (období 2009-2014)

Plodina	Období	Materiálové náklady	Osiva (sadba) nakupovaná	Osiva (sadba) vlastní	Hnojiva nakupovaná	Hnojiva vlastní	Přípravky ochrany rostlin	Náklady na mechanizaci	Ostatní přímé náklady a služby	Mzdové a osobní náklady celkem	Fixní náklady
Louky	2002-2008	9,0	1,7	1,9	6,6	4,0	0,7	27,2	8,2	25,3	24,4
	2009-2014	11,0	1,7	1,8	8,6	3,7	0,6	26,7	7,9	24,8	24,2
Pastviny	2002-2008	9,4	2,0	1,5	6,7	4,4	0,8	25,5	5,4	24,7	29,0
	2009-2014	8,1	1,8	0,0	6,3	3,7	0,1	27,5	3,4	26,1	31,1
TTP celkem	2002-2008	9,2	1,8	1,7	6,6	4,2	0,8	26,3	6,8	25,0	26,7
	2009-2014	9,6	1,7	0,9	7,4	3,7	0,4	27,1	5,6	25,4	27,7

4.2 Bilance zisku bioplynu a biometanu

Fermentačním procesem v BPS stanici je získáván bioplyn, který je možné následně čistit a obohacovat na biometan.

Pro celkovou kalkulaci této práce uvažuji s výrobou cca 1 000 000 m³ biometanu, což představuje cca 1 907 000 m³, viz tabulka č. 14. Pokud budeme pro bilanci počítat cca 7 000 t kukuřičné siláže a cca 2 000 t senáže, dostaneme se k osevní ploše 180 ha kukuřice a 143 ha luk. Jedná se o průměrné hodnoty jednotlivých pěstebních oblastí z predikce ÚZEI pro období roku 2009 – 2014.

Tabulka č. 14: Obsah a skladba substrátu pro výrobu bioplynu, zdroj: autor

Substrát	Hmotnost [t/rok]	Objem [m3/rok]	VL [%]	OL [%]	VL [t/rok]	OL [t/rok]	Bioplyn [Nm3/rok]	Biometan [Nm3/rok]
kukuřičná siláž *	8 000	12 308	32,0	30,0	2 560	2 400	1 753 846	912 000
senáž *	2 000	3 636	35,0	32,5	700	650	373 148	201 500
Celkem	10 000	15 944			3 260	3 050	2 126 994	1 113 500

VL - veškeré látky (celková sušina)

OL - organické látky (organická sušina)

* velikost řezanky není větší než 4 cm

Tabulka č. 15: koeficient výtěžnosti, zdroj: autor

Substrát	Hmotnost [t/rok]	VL [t/rok]	OL [t/rok]	výt. koeficient [Nm ³ CH ₄ / t OL] *	Biometan [Nm ³ /rok] *
kukuřičná siláž *	8 000	2560	2400	380	912 000
senáž *	2 000	700	650	310	201 500
Celkem	10 000	3 260	3 050		1 113 500

* Nm³ vztaženo k normálním podmínkám (0°C, 101,325 kPa)

Tabulka č. 16: Roční bilance výtěžnosti energie, zdroj: autor

Celková roční produkce bioplynu	m ³ /rok	2 126 994
Roční produkce biometanu	m ³ /rok	1 113 500
Denní produkce biometanu	m ³ /den	2 738
Výhřevnost bioplynu	MJ/Nm ³	18,86
Obsah metanu	% obj.	52,39%
Výhřevnost biometanu	kWh/m ³	9,5
Produkce biometanu / rok	MWh/rok	10 578
Produkce biometanu / měsíc	MWh/měsíc	881
Produkce biometanu / den	MWh/den	29

Pro stanovení velikosti jímky digestátu je rozhodující produkce BPS (tabulka č. 17) a délka skladovacího období (tabulka č. 18).

Tabulka č. 17: Produkce digestátu, zdroj: autor

Produkce digestátu	t/den	m ³ /den
k uskladnění	30,5	30

Tabulka č. 18: doba skladování a velikost jímky, zdroj: autor

Koncová jímka	120 dnů	180 dnů
Zádržná kapacita jímky *	3 601	5 402
* kapacita jímka bez rezervy pro srážky v m ³		

4.3 Investiční náklady stavební a technologické části BPS

Z důvodu zjištění přibližné výše investic do stavební a technologické části byly podány 3 poptávky stavebním firmám, na které došli dvě rámcové nabídky. Průměrné nabídkové ceny pro poptávané objekty a technologie jsou uvedeny v tabulce č. 19.

Investice je členěna na stavební část a technologické vybavení.

Tabulka č. 19: Investiční náklady BPS, zdroj: autor

Technologické a stavební náklady	investiční náklady v Kč
měřicí technika a řídicí technika, instalace	1 000 000
Fermentor	10 500 000
Plynojem	900 000
technologie čerpání a míchání	3 500 000
Skladovací nádrž a drtič	8 400 000
Přečerpávací jímka	700 000
Silážní žlab	6 500 000
Objekt BPS	1 500 000
Projekční práce a inženýrská činnost	1 500 000
Investice celkem	34 500 000

4.4 Provozní náklady BPS

Provozní náklady obsahují jak náklady na vstupní substráty, tak i provozní náklady přímo spojené s provozem BPS. Patří sem náklady na energie, mzdové náklady, servisní náklady a též i finanční a daňové. Náklady na úvěr v této kalkulaci nejsou hodnoceny. Odpisy dělíme na odpisy stavební části, které jsou zahrnuty v 5 odpisové skupině. Zde je podle vyhlášky 410/2009 Sb. u stavební části odpisová skupina č. 5 a doba odpisu 30 let. U technologické části je odpisová skupina 3 s dobou odpisu majetku 10 let. V nákladech se objevuje součtová hodnota odpisu technologické a stavební části, uvedené v tabulce č. 20.

Tabulka č. 20: Provozní náklady, zdroj: autor

Provozní náklady na substráty	
průměrné náklady na substrát	Kč/rok
kukuřičná siláž 700 Kč/t)	5 600 000,00
travní senáž (400 Kč/t)	800 000,00
Celkem	6 400 000,00 Kč
Provozní náklady	
Ostatní provozní náklady	Kč/rok
Servis, údržba, provozní náplně, EE	2 000 000
Mzdové náklady 2 pracovníci, 1/2 úvazek	600 000
Náklady na provozní prostředky	150 000
Finanční náklady-úvěr:	nehodnoceno
Odpisy	2 145 500
Pojištění	300 000
Celkem	4 846 000,00 Kč
Provozní náklady celkem	11 246 000,00 Kč

Odpisy vypočítáme za pomoci vzorce pro rovnoměrné odpisy:

$$\text{roční odpis} = (\text{vstupní cena} / 100) * \% \text{ sazba}$$

Tabulka č. 21: odpisy platné v roce 2012, zdroj: autor

Odpisová skupina	V prvním roce odpisování	V dalších letech odpisování	Pro zvýšenou vstupní cenu	doba odpisování v letech
1	20	40	33,3	3
1a	14,2	28,6	25	4
2	11	22,25	20	5
3	5,5	10,5	10	10
4	2,15	5,15	5	20
5	1,4	3,4	3,4	30
6	1,02	2,02	2	50

Pro stanovení výsledné ceny za 1 m³ bioplynu vycházíme z předchozích výpočtů. Výsledná cena je pro další výpočty kalkulována na jednotku kWh a to z důvodu přesného stanovení ceny. Hlavním důvodem však je, že nám tuto povinnost určuje **zákon 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů- (energetický zákon)** a jeho pozdějších změn

Změna: 262/2002 Sb.

Změna: 151/2002 Sb.

Změna: 278/2003 Sb.

Změna: 356/2003 Sb.

Změna: 670/2004 Sb.

Změna: 342/2006 Sb.

Změna: 186/2006 Sb.

Změna: 296/2007 Sb.

Změna: 124/2008 Sb.

Změna: 158/2009 Sb.

Změna: 223/2009 Sb.

Změna: 227/2009 Sb.

Změna: 281/2009 Sb., 155/2010 Sb.

Změna: 211/2011 Sb.

V tabulce č. 22 jsou zahrnuty veškeré investice, provozní náklady a stanovené odpisy. Následně je zkalkulovány náklady v čase oproti vyrobenému množství bioplynu a následně přepočítáno při spalném teple bioplynu 5,2 kWh/ m³. Z výpočtu vyplývá, že jsme schopni vyrobit jednu energetickou kWh bioplynu za **1,16 Kč**.

Tabulka č. 22: Kalkulace ceny kWh bioplynu, zdroj: autor

investiční náklady Kč	34 500 000
provozní náklady včetně odpisů v Kč/ rok	11 595 500
doba odpisů skupiny 3 v letech	10
Roční výše odpisu ve 3 skupině v Kč	1 365 000
doba odpisů skupiny 5 v letech	30
Roční výše odpisu ve 5 skupině v Kč	731 000
roční množství bioplynu v m ³	2 126 994
náklady na 1 m ³ / Kč	5,45
náklady na 1 kWh / Kč	1,16
výhřevnost kWh/m ³	5,2

4.5 náklady na čištění a obohacení bioplynu

Cílem úpravy bioplynu je zvýšení podílu metanu a odstranění nežádoucí příměsí. Jedná se zejména o odstranění oxidu uhličitého (CO_2), vodní páry (H_2O), sulfanu (H_2S), čpavku (NH_3), vodíku (H_2) a vzduchu (tj. dusíku (N), kyslíku (O_2)), tyto jsou v bioplynu obsaženy v nízkém množství. U kalového nebo skládkového plynu se pak rovněž vyskytují nežádoucí příměsí. Jedná se zejména o příměsí na bázi halogenovaných sloučenin nebo organických sloučenin křemíku.

Jednotlivé technologie se liší principem oddělování- separace. Dále lze rozdělit technologie podle komplexnosti. Některé odstraňují jen určité nežádoucí složky v bioplynu.

Před proces oddělováním CO_2 většinou zařazujeme separaci stopových látek a to především síry, která by negativně ovlivňovala další proces obohacování.

Postupy oddělování metanu a oxidu uhličitého (a příp. dalších nežádoucích složek) lze rozdělit do čtyř hlavních skupin, jež se liší principem činnosti a technologickým řešením

- adsorpce – technologie PSA
- absorpce – fyzikální (tlaková) vypírka
– chemická vypírka
- membránová separace
- nízkoteplotní rektifikace

4.5.1 Příklad technologie PSA

Xebec - dodavatel do ČR, Bonett Bohemia, a.s.

Jedná se o fyzikální adsorpci a regeneraci filtrů při střídavém tlaku. Jednotlivé fáze jsou prováděny pomocí kynetické soustavy pístů. Celé zařízení je tak menší a kompaktnější. Obsahem jsou 3 moduly, z nichž první dva představují úpravu bioplynu a třetí modul přímé vtláčení do sítě.

Technologie Xebec využívají patentované technologie pomalu rotačních ventilů.

Systém je postaven na bázi střídání adsorpce a desorpce ve velmi rychlých cyklech významně kratších než u konvenční PSA (doba cyklu < 1 minuta).

Z toho vyplývají i výrazně menší rozměry a provozní náklady. Tato technologie je proto nazývána "rapid cycle kinetic PSA" technologií. Finálním produktem procesu úpravy surového bioplynu je biometan, který svým složením a obsahem metanu odpovídá kvalitě zemního plynu tak, jak je znám v distribuční síti. Rapid-cycle kinetická PSA technologie Bonett Xebec umožňují čistotu výstupního produktu (product gas) až v podobě obsahu metanu 99,9%. Tato

čistota produktu je významně vyšší než v distribuční síti, a takový plyn je možno používat i pro technické či laboratorní účely.

Energetická náročnost

Obrovskou výhodou nabízené technologie je velmi nízká energetická náročnost technologie úpravy bioplynu v podobě méně než 0,23 kWh/1m³.

Rapid cycle PSA technologie je tak významně úspornější než vodní či chemická vypírka, vymrazovací systémy nebo membránové či konvenční PSA technologie.

Kontejnerová dodávka

Další komparativní výhodou je kompaktní kontejnerová dodávka, s velmi malým záborem pozemku, v podobě pouze 1/10 plochy oproti konvenčním PSA, viz obrázek č. 12

Obrázek č. 12: Technologie Xebec, zdroj: Bonett Bohemia a.s.



základní úprava vstupního plynu- modul 1

- Vstupní dmychadlo
- základní úpravu zajišťující ochlazení, vysušení a filtraci
- Odsíření, tj. odstranění sulfanu

Kinetický PSA systém- modul 2

- Kompresní systém- stlačení plynu, ochlazení plynu i oleje
- odstranění kondenzátu, oleje a pevných částic z plynu

- Vlastní PSA systém pro separaci CO₂ a zbytkové vlhkosti
- Vývěvu pro lepší výtěžnost metanu

Kinetický systém PSA používá buď náplň molekulárních sít v podobě malých granulí („beads“), kdy je adsorpční materiál nanesen na kovovou fólii, která je stočena do svitků.

Výhody: menší prostorové nároky, mimo Evropu ověřená technologie

Nevýhody: nižší zkušenosti v Evropě

4.5.2 Příklad technologie chemické (aminové) vypírky

MT-Biomethan GmbH- zastoupení v ČR MT-Energie Česká republika s.r.o.

Proces obohacení technologického řešení obsahuje jednotlivé následující fáze:

1. odsíření

Sulfan v surovém bioplynu je zachycen za pomoci uhlíkovém filtru.

2. vysušení

Odstranění vlhkosti je nutné k udržování konstantní koncentrace aminového roztoku v další fázi. Je zajištěno buď pomocí molekulárních sít a nebo filtračních sorpčních patron.

3. beztlaká aminová vypírka

Bioplyn je přiváděn do spodní části kolony a následně stoupá proti vodní sprše. Separaci zajišťuje vodní roztok aminu s vysokou absorpční selektivitou vůči CO₂. Obohacený biometan odchází hlavou kolony. Vypírka probíhá při teplotě 40 °C.

4. chlazení a vysušení biometanu

Po vypírce se znovu biometan zchladí a vysuší. Kondenzát s obsahem aminu je odváděn zpět do procesu.

5. regenerace aminového roztoku

Aminový roztok obsahující CO₂ je odváděn ze spodku kolony k regeneraci. Děje se tak zahřáním roztoku, k tomu je zapotřebí zajištění přísunu tepla. Část tepla se získává rekuperací. Regenerovaný roztok aminu se čerpá znovu do hlavy vypírací kolony.

6. komprese

Biometan je následně za pomoci vícestupňového vysokotlakého kompresoru stlačen a následně buď vtlačěn do distribuční sítě, popřípadě jinak komerčně využíván.

Obrázek č. 13: Gaswerker GmbH & Co. KG, Drögnendorf, zdroj: MT-Biomethan GmbH



Výhody: ověřená technologie, prakticky nulové ztráty metanu, beztlaký proces, malá spotřeba elektřiny

Nevýhody: mokrý proces, nutnost zdroje tepla pro regeneraci, větší prostorové nároky

4.5.3 Příklad tlakové vypírky

Greenlane Biogas

Jedná se o fyzikální absorpci. Pracovní tlak se pohybuje kolem 5 bar.

Surový bioplyn je stlačen a veden do spodní části vypírací kolony. Tlaková voda je rozprašována a tím pohlcuje CO_2 . Tímto způsobem obohacený biometan cca na 98% odchází horní částí kolony. Konečnou úpravu zajišťuje adsorpční kolona. Je naplněna několika selektivními tkaninami. Kolona je dvojitá. Jedna část je vždy v provozu, a druhá se regeneruje.

Regenerace použité vody obsahující CO_2 s malým obsah metanu je regenerována ve dvou fázích. Nejprve je tlak vody snížen a volný plyn je veden zpět do sání kompresoru. Ve druhé fázi dochází za pomoci tlakového vzduchu k uvolnění CO_2 a H_2S .

Úprava odpadního plynu

Odpadní plyn z kolony je před vypuštěním do atmosféry nutné upravit. Důvodem je odstranění škodlivých látek. Firma Greenlane Biogas používá metodu adsorpce nebo termální oxidace.

Obrázek č. 14: Schéma Tlaková vypírka, zdroj: Greenlane Biogas



Výhody: ověřená technologie, není třeba vstupní odsíření

Nevýhody: vysoký stupeň vlhkosti výstupního biometanu, nutné dodatečné sušení

4.5.4 Příklad membránové separace

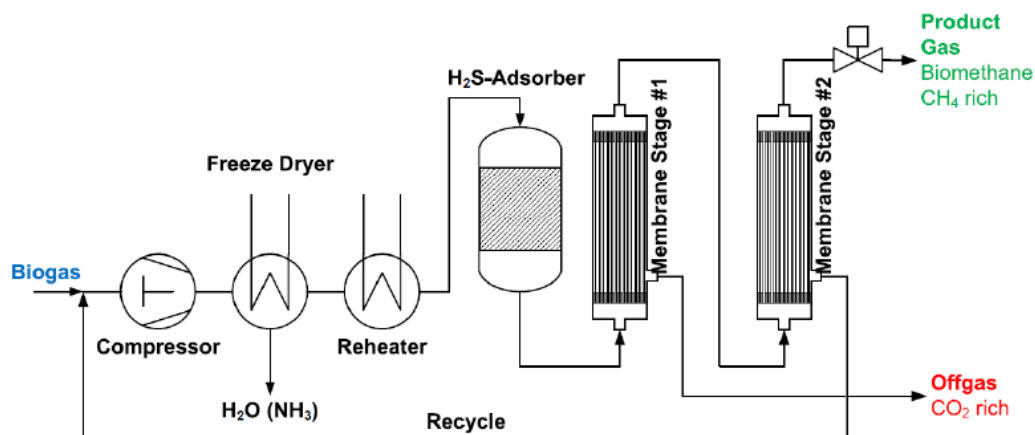
Axiom Angewandte Processtechnik GmbH

Membránová separace je méně využívaná technologie. I když se jedná o relativně nenáročnou technologii z pohledu spotřeby elektrické energie, překážkou je cena separačních membrán. Kladem naopak je, že nejsou zapotřebí další chemické látky k výrobnímu procesu, viz obrázek č. 15 a 16. Investiční prostředky jsou též nižší, než u ostatních metod.

Obrázek č. 15: Membránová separace- zdroj: Michael Harasek, Vienna University of Technology



Obrázek č. 16: Schéma Dvoustupňová membránová separace, zdroj: Michael Harasek, Vienna University of Technology



Výhody: malé prostorové nároky, nízká energetická náročnost

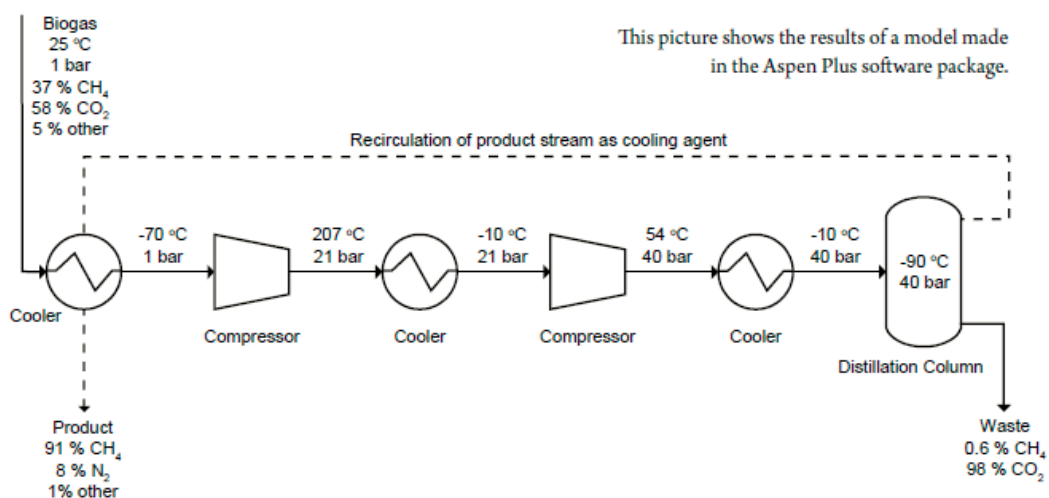
Nevýhody: malý počet referenčních instalací v Evropě

4.5.5 Nízkoteplotní separace

Jedná se o technologii s relativně vysokou náročností na investice a vyššími provozními náklady na elektrickou energii. Zařízení pracuje za velice nízkých teplot a vysokého tlaku. Toto vede ke striktním bezpečnostním omezením v prostoru a okolí zařízení.

V dnešní době není v České republice v nabídce tato zařízení ke komerčnímu využití a to i z důvodu, že není zatím poptávka po technologiích obohacujících bioplyn.

Obrázek č. 17: Schéma Nízkoteplotní separace, zdroj E.ON



Výhody: možnost vysoké produkce

Nevýhody: zatím se nevyužívá ve vyšší míře, vyšší nároky na elektřinu

4.5.6 Hodnocení jednotlivých technologií

Pro hodnocení jednotlivých technologií jsem zvolil různé pohledy. Jsou uvedeny v tabulce č. 23 a č. 24. V tabulce č. 23 jsou uvedeni k porovnání jednotlivé technologie vybraných dodavatelů a jsou hodnoceny z hlediska využitelnosti.

Tabulka č. 23: hodnocení technologií různých dodavatelů, zdroj: autor

Dodavatel	CarboTech	Xebec	MT-Biomethan	Greenlane	Axiom
Typ technologie	adsorbce PSA	adsorbce kPSA	amínová vypírka	tlaková vypírka	membránová separace
zkušenosti v zemích v EU	ano	částečná	částečná	ano	minimální
Účinnost využití metanu	omezená	omezená	vynikající	omezená	nízká
Prostorová náročnost	omezená	minimální	velká	omezená	omezená
Možnost umístění v obytné zástavě	ano	ano	ne	ne	ano
Servis a podpora v ČR	ne	ano	ano	ne	ne

Pro uvažovanou technologii o výkonu cca 1 000 000 m³/ rok je nutné zvolit technologii čištění o hodinovém výkonu 115 m³/ hodinu. V tabulce č. 24 jsou uvedeny jednotlivé investiční náklady, provozní náklady a z toho kalkulované náklady na jeden m³ upraveného biometanu. Jelikož v České Republice není dosud komerčně využívaná úprava bioplynu na biometan, je omezená nabízená škála technologií s relevantními údaji. Pro úplnost byla data čerpána v rámci EU a následně průměrována i s ohledem na předchozí hodnotící kritéria uvedená v tabulce č. 23.

Rozhodujícím kritériem je výše investice, provozní náklady a z toho kalkulované náklady na úpravu. Nákladově se jeví jako nejvhodnější tlaková vypírka, následně metoda PSA a chemická vypírka. Tyto metody jsou nejpoužívanější v zemích EU, viz další stať zkušenosti z Evropy. Metoda membránové separace má sice nízké náklady na úpravu, ale jedná se o metodu ještě málo v zahraničí odzkoušenou a i výsledná hodnota obsahu metanu CH⁴ je nižší a tudíž je nutná následná úprava, například přidáním propanu a butanu. Energetickým přepočtem na kWh zjistíme, že se cena obohacení bioplynu pohybuje od 0,74 Kč/ kWh do 1,09 Kč/ kWh podle zvolené technologie čištění.

Tabulka č. 24. Parametry jednotlivých metod, zdroj: autor

Metoda	Investice v (tis. Kč)	provozní náklady (tis. Kč)	odpisy (tis. Kč)	cena úpravy bioplynu (Kč/ m ³)	cena úpravy bioplynu (Kč/ kWh)	Dosažitelná čistota % CH ₄	spotřeba EE (kWh)	pracovní tlak (MPa)	výhody	nevýhody
Chemická vypírka	24 252	981	2546,5	7,96	0,84	98	0,67	Atmosf.	ověřená technologie, není třeba vstupního odsíření	vysoký stupeň vlhkosti výstupního biometanu
Tlaková vypírka	21 675	867	2275,8	7,11	0,75	98	0,3- 0,6	0,4- 0,7	ověřená technologie, není třeba vstupního odsíření	Omezení absorpce H ₂ S vzhledem k měnící se pH
PSA metoda	26 025	1041	2732,6	7,07	0,74	98	0,23	0,4- 0,7	menší prostorové nároky, mimo Evropu ověřená technologie	nutné dodatečné odstranění H ₂ S
Nízkoteplotní separace	22 700	908	2383,5	10,36	1,09	99	0,8- 1,8	4	možnost vysoké produkce	zatím se nevyužívá ve vyšší míře, vyšší nároky na elektřinu
Membránová separace	28 750	1150	3018,7	8,24	0,87	90	0,4	0,8- 2	nízká hmotnost, jednoduchý proces, Nízké požadavky na energii	drahé membrány, malý počet referenčních instalací

4.6 Zkušenosti z Evropy

Pro úpravu bioplynu a nové způsoby využití hovoří údaje ze zahraničí, viz tabulky č. 25 až 29. Zde jsou uvedeny jednotlivé projekty s uvedenými objemy vyrobeného biometanu a zvoleným způsobem absorpce.

Nizozemsko je jedinou zemí, která vtlačuje biometan ze skládkového bioplynu do distribuční sítě zemního plynu. Ve Francii je toto též povoleno, ale nebyl realizován žádný takovýto projekt. Tato praxe je však přísně zakázána ve Švýcarsku, Rakousku a Německu. Tyto země poukazují na skutečnost, že skládky produkují i halocarbonové deriváty, které by mohly při spalování produkovat dioxiny a vysoce karcinogenní sloučeniny.

4.6.1 Švédsko

Lídrem ve využívání biometanu je Švédsko. Ve Švédsku fungovalo k roku 2009 cca 40 úpraven bioplynu, které využívají převážně tlakovou vodní vypírku, kterou řadíme do metody fyzikální vypírky. Je zde hlavně podpora ze strany místních samospráv, které podporují výrobu biometanu jako zdroj pohonných hmot pro převážně hromadnou dopravu. Tímto způsobem zajišťují autobusovou dopravu a zdroj pro cca 50 plnicích stanic. Největší bioplynovou stanicí je švédská výrobní ve Stockholmu. Stanici vlastní Stockholmské vodovody a kanalizace a vyprodukuje zde bioplyn pro pohon několika kogeneračních jednotek a dále cca 1400 Nm³/hod bioplynu pro úpravnu bioplynu. Bioplyn je v úpravkách obohacen na 97% CH₄.¹¹

Ve Švédsku je dodáván hlavně Norský zemní plyn, který má jinou výhřevnost než upravený biometan. Aby bylo dosaženo kvality dodávaného zemního plynu a dosaženo tzv. Wobbeho čísla, musí se do biometanu přidávat Propan.

Jako příklad realizovaného projektu lze uvést bioplynovou stanicí Otelfingen. Ročně zpracovává 10 000 tun zelené biomasy a speciální bioodpady v horizontálním fermentoru. Doba procesu fermentace je 15 dní a denně se zde vyrobí cca 5-6 tisíc m³ surového bioplynu. Část s výkonností 50 Nm³/h se adsorbční metodou změny tlaků upravuje na kvalitu zemního plynu. Následně je dopraven do plynové tankovací stanice a plněn do vozidel. Zbylý neupravený bioplyn se využívá k pohonu dvou kogeneračních jednotek na výrobu elektrické energie.

Celkový roční objem produkce v roce 2010 byl asi 40 milionů metrů krychlových biometanu z obnovitelných zdrojů. Hlavní užití má biometan u 1000 těžkých nákladních vozidel a asi u 9000 lehkých užitkových vozidel. Švédsko má omezený potrubní systém, takže vozidla jsou vynikajícím východiskem pro jeho využití.

¹¹ Václav Sladký

Tabulka č. 25 až 29. Využití jednotlivých technologií v Evropě, zdroj: PP, a.s.

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH_REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (MM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Sweden	Bjuv	Biowaste, manure	Gas grid	97	PSA	500	2007
	Boden	Sewage sludge, biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	360	2007
	Borås	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Chemical scrubber	450	2002
	Bromma, Stockholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	PSA	250	2002
	Bromma, Stockholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	PSA	250	2003
	Eskiltuna	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	330	2003
	Eslöv	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	80	1999
	Falkenberg	Sewage sludge, biowaste, energy crops	Gas grid	97	Chemical scrubber	750	2009
	Falköping	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	200	2007
	Göteborg	Sewage sludge, biowaste	Gas grid	97	Chemical scrubber	1600	2007
	Helsingborg	Biowaste, manure	Vehicle fuel and Gas grid	97	PSA	350	2001
	Helsingborg	Biowaste, manure	Vehicle fuel and Gas grid	97	Water scrubber	650	2007
	Helsingborg	Sewage sludge	Gas grid	97	Water scrubber	250	2007
	Henriksdal, Stockholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	600	2004
	Henriksdal, Stockholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	800	2006
	Himmerfjärden, Stockholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Chemical scrubber	800	2009
	Jönköping	Sewage sludge, biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	300	2000
	Kalmar	Sewage sludge, manure	Vehicle fuel	97	Chemical scrubber	200	2008
	Katrineholm	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	80	2009
	Kristianstad	Biowaste, manure, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	280	1999
	Kristianstad	Biowaste, manure, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	600	2006
	Laholm	Biowaste, manure	Gas grid	97	Water scrubber	500	2000
	Linköping	Sewage sludge, biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	2*330	1997
	Linköping	Sewage sludge, biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	1400	2002
	Malmö	Sewage sludge	Gas grid	97	PSA	500	2008
	Motala	Sewage sludge	Vehicle gas	97	Water scrubber	80	2009
	Norrköping	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	250	2004
	Norrköping	Distiller's waste, Energy crops	Vehicle fuel	97	Water scrubber	240	2006
	Skellefteå	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	250	2005
	Skövde	Sewage sludge, slaughter waste	Vehicle fuel	97	PSA	140	2002
	Trollhättan	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	200	1995
	Trollhättan	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	400	2001
	Ulricehamn	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	PSA	20	2003
Uppsala	Sewage sludge, biowaste	Vehicle fuel	97	Water scrubber	400	2001	
Västervik	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	130	2009	
Västerås	Biowaste, sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	650	2004	
Örebro	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	450	2007	
Örebro	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	2000	2009	
Östersund	Sewage sludge	Vehicle fuel	97	Water scrubber	200	2006	

4.6.2 Švýcarsko

Prodej zemního plynu ve Švýcarsku vzrostl v roce 2010 cca o 12% a to i z důvodu širšího využívání zemního plynu a biometanu pro pohon vozidel. Toto palivo odpovídá množství cca 22 milionů litrů benzínu. Podíl bioplynu je v tomto množství cca 20%. Biometan zde produkují dvě společnosti a to ARA Bern a Kompaosgas. Biometan má potenciál uspokojit zhruba 10% celkového objemu Švýcarských dopravních potřeby. V oblasti Curychu tvoří biometan cca 30% prodaného objemu zemního plynu pro pohon vozidel právě biometan.

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH ₄ REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (NM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Switzerland	Bachenbülach	Biowaste	Gas grid and vehicle gas	96	PSA	50	1996
	Berne	Sewage sludge	Gas grid	96	PSA	300	2007
	Bischofszell	Sewage sludge	Gas grid	96	Genosorb scrubber	100	2007
	Jona	Biowaste	Gas grid	96	Genosorb scrubber	55	2005
	Inwil	Biowaste, manure	Gas grid	96	PSA	225	2009
	Lavigny	Biowaste	Gas grid	96	PSA	150	2009
	Lucerne	Sewage sludge	Gas grid	96	PSA	75	2004
	Obermeilen	Sewage sludge	Gas grid	96	Chemical scrubber	100	2008
	Otelfingen	Biowaste	Vehicle gas	96	PSA	50	1998
	Pratteln	Biowaste	Gas grid	96	Genosorb scrubber	300	2006
	Roche	Sewage sludge	Gas grid	96	PSA	250	2008
Switzerland	Romanshorn	Sewage sludge	Gas grid		Genosorb scrubber	100	2007
	Rümlang	Biowaste	Vehicle fuel	96	PSA	30	1995
	Samstagern	Biowaste	Gas grid	96	PSA	50	1998
	Utzensdorf	Biowaste	Gas grid	96	PSA	100	2009
	Widnau	Agricultural co-digestion	Gas grid	96	PSA	100	2007

4.6.3 Německo

V Německu se pro výrobu bioplynu využívá zvláště kukuřice. První biometanové stanice byly uvedeny do provozu v roce 2006. V roce 2010 bylo již 32 biometanových stanic, s výrobou cca 2.000 GWh.

Národní energetická koncepce (2009) – právně závazné nařízení vlády stanovuje, že do roku 2020 bude nahrazeno 6% a do roku 2030 10% spotřeby Německa (100 tisíc GWh = zhruba 10 % současné poptávky zemního plynu).

V Německu je projednáváno umožnění přednostního připojení zařízení na výrobu a úpravu biometanu - odpovědnost a rozdělení nákladů na připojení k plynárenské síti mezi provozovatele sítí a provozovatele zařízení na výrobu a úpravu bioplynu

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH ₄ REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (NM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Germany	Altenstadt	Biowaste	Gas grid		Water scrubber	1250	2009
	Bottrop	Sewage sludge	Vehicle fuel		PSA	120	2008
	Burgrieden	Energy crops	Gas grid		PSA	300	2008
	Einbeck	Energy crops	Gas grid		Chemical scrubber	1000	2009
	Ettlingen	Energy crops	Gas grid		PSA	600	2008
	Forchheim	Energy crops	Gas grid		Genosorb scrubber	1000	2009
	Gemeinde Graben Landkreis Augsburg	Energy crops	Gas grid		PSA	1000	2008
	Godenstedt	Energy crops	Gas grid		Chemical scrubber	600	2009
	Güstrow, M-V	Energy crops	Gas grid		Water scrubber	10000	2009
	Hardegesen	Energy crops	Gas grid		Chemical scrubber	1000	2009
	Horn-Bad Meinberg (NRW)	Energy crops	Gas grid		Chemical scrubber	2000	2009
	Jameln	Manure Energy crops	Vehicle fuel, gas grid		Genosorb scrubber	160	2005
	Kerpen	Energy crops	Gas grid		PSA	1000	2008
	Ketzin	Energy crops	Gas grid		PSA	400	2008
	Könnern I	Manure, energy crops	Gas grid		Water scrubber	1250	2007
	Könnern II	Energy crops	Gas grid		Chemical scrubber	3400	2009
	Lüchow	Energy crops	Gas grid		Water scrubber	1250	2008
	Maihingen	Energy crops	Gas grid		Water scrubber	1250	2007
	Mühlacker	Energy crops	Gas grid		PSA	920	2007
	Niederndodeleben	Energy crops	Gas grid		Water scrubber	1250	2008
	Pfiening	Energy crops	Gas grid		PSA	920	2006
	Rathenow	Energy crops	Gas grid		Genosorb scrubber	1130	2009
	Rannenberg	Energy crops	Gas grid		Genosorb scrubber	650	2008
	Schwandorf I	Energy crops	Gas grid		Organic scrubber	1000	2007
	Schwandorf II	Energy crops	Gas grid		PSA	2000	2008
	Straelen	Energy crops, manure	Gas grid		PSA	1000	2006
	Utzensdorf	Biowaste	Gas grid	96	PSA	100	2009
	Werthe	Manure, biowaste	Gas grid		PSA	500	2007
	Wixhausen (Darmstadt)	Manure, energy crops	Gas grid		Water scrubber	300	2008
	Wriezen	Energy crops	Gas grid		PSA	1200	2009
	Wüsting	Energy crops	Gas grid		PSA	1200	2009

4.6.4 Rakousko

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH, REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (NM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Austria	Bruck/Leitha	Biowaste	Gas grid	97	Membrane	180	2007
	Linz	Sewage	Gas grid	97	Water scrubber	800	2008
	Margarethen am Moos	Energy Crops & Manure	Vehicle fuel	>95	Membrane	70	2007
	Pucking	Manure	Gas grid	97	PSA	10	2005
	Reitbach / Eugendorf	Energy crops	Gas grid Vehicle fuel	97	PSA	150	2008

4.6.5 Španělsko

COUNTRY	PLACE	SUBSTRATE	UTILISATION	CH, REQUIREMENTS (%)	TECHNOLOGY	PLANT CAPACITY (NM ³ /H RAW GAS)	IN OPERATION SINCE
Spain	Madrid	Biowaste	Vehicle fuel	96.5	Water scrubber	4000	2008
	Vacarisses (Barcelona)	Landfill gas	Vehicle fuel	>85	Chemical scrubber	100	2005

4.7 Kalkulace ceny obohaceného biometanu

Pokud máme stanovenou cenu vstupní energetické hodnoty bioplynu a následně i ohodnocen proces obohacení, lze stanovit cenu jednoho m³ biometanu. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 30. Cenu za m³ biometanu přepočítáme za pomoci spalného tepla na cenu kWh. Spalné teplo u biometanu má teoretická hodnota 9,5 kWh/ m³, kdežto spalné teplo u zemního plynu má teoretickou hodnotu pro rok 2012 stanovenou společností RWE hodnotou 10,63 kWh/ m³.

Tabulka č. 30: Kalkulovaná cena biometanu, zdroj: autor

druh úpravy	cena úpravy Kč/kWh	cena bioplynu v Kč/ kWh	celková cena v Kč / kWh	celková cena v Kč / MWh
Chemická vypírka	0,84	1,16	2,00	2000
Tlaková vypírka	0,75	1,16	1,91	1910
PSA metoda	0,74	1,16	1,90	1900
Nízkoteplotní separace	1,09	1,16	2,25	2250
Membránová separace	0,87	1,16	2,03	2030

V tabulce č. 31 jsou kalkulovány celkové náklady na výrobu bioplynu a následné úpravy, včetně stlačení a odorizace biometanu. Náklady jsou spočítány bez odpisových položek, jelikož v dalších krocích potřebujeme tyto údaje oddělit. Došlo by ke zkrácení cash flow a kalkulací návratnosti investic.

Tabulka č. 31: Celkové roční provozní náklady výroby biometanu, zdroj: autor

kalkulace celkových provozních nákladů	
Vstupní substráty	6 400 000,00 Kč
provozní náklady na bioplyn	2 650 000,00 Kč
Průměrné náklady na obohacení bioplynu	1 000 000,00 Kč
Náklady na stlačení a odorizaci	600 000,00 Kč
Provozní náklady celkem	10 650 000,00 Kč

4.8 Hodnocení návratnosti investice

V rámci hodnocení cash flow je nutné odhadnout budoucí příjmy celého projektu. Pro toto hodnocení jsou předloženy tři možné varianty a to maximalistická, minimalistická a reálná varianta. Jako proměnná je zde výkupní cena, která by měla být stanovena v nově projednávaném zákoně. Výši této platby bude v případě přijetí určovat každý rok Energetický regulační úřad ve svém „Cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu“. Jelikož se má jednat o podporu, je stanovena minimalistická varianta na ve výši tržní ceny zemního plynu pro stávající období 2Q roku 2012 ve výši cca 800 Kč/ MWh.

Je to z důvodu toho, že by pak nemusela být podpora vůbec stanovena, jelikož by se nechal takto vyrobený biometan prodat na trhu bez podpory.

Dnes jsou tak stanoveny podpory pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů.

- Provozní cash flow: jedná se o finanční toky spojené s provozem podniku, viz údaje v tabulce č. 32.

Tabulka č. 32: provozní cash flowe, zdroj: autor

Ukazatel	jednotka	max. varianta	min. varianta	reál. Varianta
Výroba biometanu	MWh/r	10 578	10 578	10 578
Výkupní cena biometanu	Kč/MWh	1700	800	1200
Tržby za prodej biometanu	tis.Kč/r	17982,6	8462,4	12693,6
Provozní náklady (bez odpisů)	tis.Kč/r	10650,0	10650,0	10650,0
Roční Cash – Flow (C-F) projektu	tis.Kč/r	7332,6	-2187,6	2043,6

Dalšími hodnocenými ukazateli můžeme uvést:

- Prostá doba návratnosti je nejjednodušší způsob hodnocení, ale bohužel i málo vypovídající údaj.

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

IN- je investice

CF- jsou roční peněžní toky.

Pro stanovení výše celkové kalkulace musíme započítat veškeré investice z projektu, což představuje souhrnnou investici ve výši cca 60 000 tis. Kč. Jsou zde

náklady bioplynové stanice, linky pro obohacení bioplynu a kompresor pro vtláčení biometanu s odorizací plynu.

Tabulka č. 33: Prostá doba návratnosti, zdroj: autor

Ukazatel	Jednotka	max. verze	min. verze	reál. verze
Pořizovací náklady	tis. Kč	60 000	60 000	60 000
Roční Cash-Flow projektu	tis.Kč/r	7332,6	-2187,6	2043,6
Prostá doba návratnosti	roky	8,18	-27,43	29,36

Z uvedených údajů vyplývá, že celý projekt je návratný pouze u maximálně navržené hodnoty 1700 Kč/ MWh, jakožto maximální hodnotou v již zmiňovaném navrhovaném zákoně.

- Diskontovaná doba návratnosti: Diskont je tzv. alternativní náklad kapitálu. Zjednodušeně řečeno, jedná se o výnos v procentech, který bychom obdrželi, pokud by byla částka investována do jiného, stejně rizikového projektu, nebo uložena na účet.

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF} \quad \text{kde} \quad DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

R- je diskont

t - rok, ke kterému se DCF počítá

- Čistá současná hodnota (NPV):

Čistá současná hodnota patří v současnosti mezi nepoužívanější a nevhodnější kritéria. Je zde zahrnuta celá doba životnosti projektu i s možností alternativního použití investičních prostředků do jiného, stejně rizikového projektu. NPV lze vypočítat dle vzorce:

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t}$$

DCF- diskontované peněžní toky v jednotlivých letech

T- doba životnosti projektu

Pokud vyjde NPV kladné, lze projekt doporučit k realizaci.

- Vnitřní výnosové procento IRR: čím je IRR vyšší, tím lze lépe projekt doporučit k realizaci. Vnitřní výnosové procento představuje trvalý roční výnos investice. Jednoduše řečeno se jedná o diskont, při němž je NPV investice rovno nule.

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} = 0 \text{ tak } IRR = r$$

Pokud je IRR větší než uvažovaný diskont 5%, je možné projekt doporučit k realizaci. Interpretace a výpočet IRR není však nijak jednoduchá záležitost.

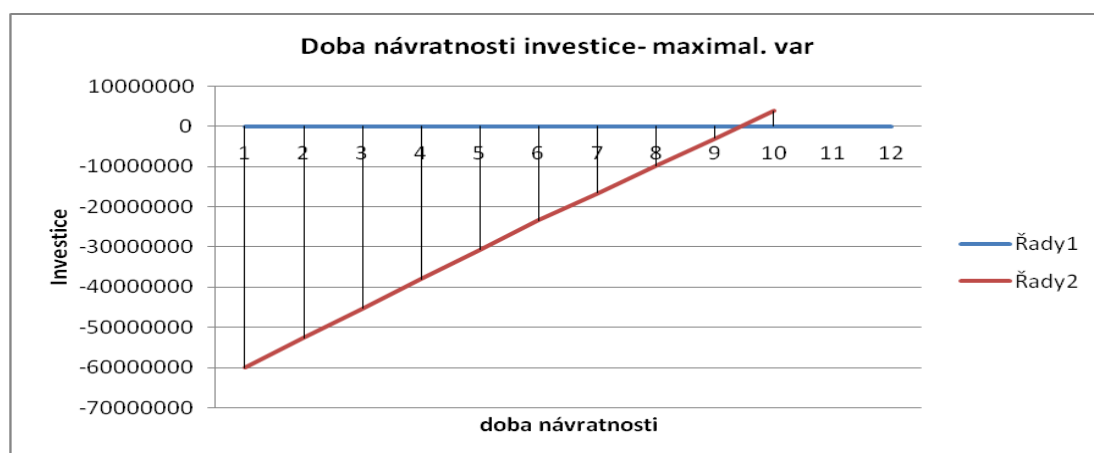
- Investice je osvobozena od platby daně v roce spuštění provozu a po dobu následujících pěti let.
- Odpisy: uvedeny jsou účetní odpisy technologie a staveb
- Daně a poplatky: investice je osvobozena od platby daně v roce spuštění provozu a následujících pět let
- Odpisy: uvedeny jsou účetní odpisy technologie a staveb

Veškeré vypočtené hodnoty jednotlivých metod hodnocení, jsou uvedeny v tabulce č. 34

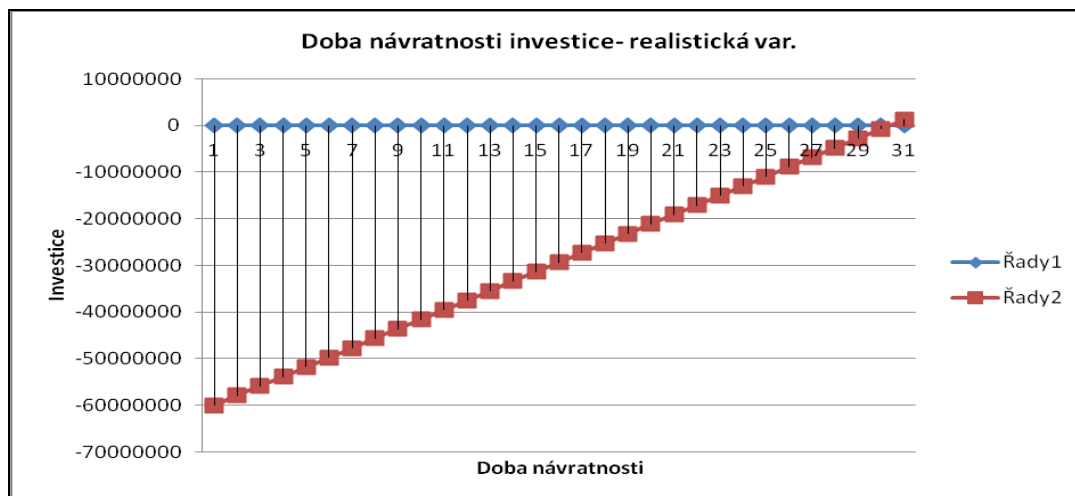
Tabulka č. 34: Hodnocení jednotlivých ukazatelů, zdroj: autor

Sledovaný ukazatel	Maximalistická varianta	Minimalistická varianta	Reálná varianta	jednotky
Celková investice do zařízení	60 000 000,00	60 000 000,00	60 000 000,00	Kč
Doba životnosti projektu	20	20	20	let
Roční výnos z investice	17 982 600,00	8 462 400,00	12 693 600,00	Kč
Roční náklady na provoz (bez odpisů)	10 650 000,00	10 650 000,00	10 650 000,00	Kč
Alternativní výnos investice	5,00	5,00	5,00	%
Daňová sazba	19	19	19	%
Odpisy 3 skupina	38,00	38,00	38,00	%
Odpisy 5 skupina	62,00	62,00	62,00	%
NPV - čistá současná hodnota projektu	20 193 864,00	-87 262 331	-34 532 227	Kč
Roční ekvivalentní finanční toky investice	1 620 408,00	-7 002 155	-2 770 955	Kč
Doba návratnosti	10	>40	>30	let
Diskontovaná doba návratnosti	13	-	-	let
IRR- vnitřní výnosové procento investice	9	-	-	%

Graf č. 4: Návratnost investice v letech- maximalistická varianta, zdroj: autor



Graf č. 5: Návrh investice v letech- realistická varianta z pohledu podpory výroby, zdroj: autor



Z dat vyplývá, že jako reálná varianta z pohledu business case je maximalistická verze ze strany podpory výroby státu ve výši 1700 Kč/ MWh. Za předpokladu jiných garantovaných cen nelze v žádném případě projekt doporučit.

4.9 Podmínky připojení k distribuční síti

Abychom byli schopni dodávat biometan do plynárenské sítě, musíme splnit velké množství technických podmínek a pravidel. Jako nejdůležitější předpis lze uvést Technické doporučení Gas G 983 01. V tomto předpise jsou jasně stanoveny minimální podmínky pro připojení. Co se týká kvalitativních podmínek biometanu jsou součástí přílohy č. 2., „Kvalitativní parametry distribuovaného plynu“.

Dalším předpisem, který posuzuje kvalitativní ukazatele, je TPG 902 02 Změna 1 „Jakost a zkoušení plyných paliv s vysokým obsahem metanu“. V tomto předpise je jasně stanovena povinnost doložit kvalitu dodávaného zemního plynu formou „Bezpečnostního listu“, který je uveden v příloze č. 3.

Pro zajištění pachové stopy vtláčeného biometanu plyn tzv. odorizujeme, což znamená dodání do biometanu takové chemické látky, aby byla dosažena bezpečnostní míra pachového vjemu stanovené pro zemní plyn. Jelikož je zemní plyn bez barvy a zápachu, jak vyplývá z již zmiňovaného bezpečnostního listu, je do plynu odorant nastříkovan vysokotlakým čerpadlem. Bezpečnostní list takovéto látky je uveden v příloze č. 4.

Jedinou z možných překážek může být skutečnost, že by byla takováto stanice s vtláčením připojena do lokální soustavy, popřípadě do středotlakého plynovodu v omezené lokalitě, kde by spotřeba plynu byla nižší než výrobní kapacita takovéto

stanice. Pak by mohlo dojít k přetlaku v síti a následně k poškození zařízení konečných spotřebitelů. Z takového důvodu by pak muselo dojít k nucenému ostavení stanice a ke ztrátám na produkci.

Každé takovéto připojovací místo musí být vybaveno strojním a technické vybavení, které po úpravě bioplynu monitoruje a na finální parametry (např. tlakové) upravuje biometan pro dodání do sítě nebo do plnicí stanice vozidel.

Součásti připojovacího místa jsou:

- obchodní měření
- měření kvality biometanu, (procesní chromatograf, průtokoměr, přepočítávač okamžitých hodnot)
- kondicionování propanem
- odorizační jednotka
- kompresor pro úpravu tlakové úrovně dle požadavku místní sítě
- telekomunikační zařízení pro dálkový přenos dat
- dálkové řízení stanice
- Plynovodní přípojka

5. Závěr

Z uvedených údajů můžeme konstatovat, že takovýto projekt je životaschopný pouze při maximální ceně výkupu. Všechny ukazatele hovoří o vhodnosti investice. Základní problém však tkví v podpoře státu při výkupu biometanu. Pokud nebude přijat Zákon č. 180/2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), můžeme z provedených kalkulací odvodit, že po obohacení bioplynu na biometan a započtení nákladů na odorizaci a vtlačení biometanu do distribuční sítě, získáte nákladovou cenu cca 2000 Kč/ MWh. Pokud je v současnosti průměrná tržní prodejní cena ekvivalentu zemního plynu ve výši cca 800 Kč/ MWh, je biometan nekonkurence schopný. V Německu lze pořídit biometan na úrovni 65 €/MWh, přepočteno kurzem € x Kč 1 : 25, vychází cena 1625 Kč/ MWh.

Pro zemní plyn platí, že k prodejní ceně zemního plynu je nutné připočítat daň ze zemního plynu ve výši 30,60 Kč/ MWh. U biometanu tato daň není.

Jedinou alternativou tedy je, podívat se na zkušenosti partnerů z EU.

5.1 Biometan, jako pohonná hmota

Ve většině případů není biometan dodáván do distribuční sítě, ale je dodáván ke stlačení za pomoci dvou až tří tlakových stupňů do plnicích stanic CNG. CNG je zkratkou anglického názvu „compressed natural gas“, česky- stlačený zemní plyn. Nejvyšší zkušenosti s touto variantou využití jsou ve Švédsku a Německu. Ve Švédsku je to z důvodu rozlehlosti země a malého množství plynovodních sítí. V Německu se jedná o výrazně podporovanou zelenou technologii.

Obrázek č. 18: koncepce CNG vozidla, zdroj: VW



V podmínkách ČR je díky investiční náročnosti takto realizovatelných projektů, zatím nulová ochota jít do takto rizikového projektu. I v rámci prodeje CNG je využití biometanu bez podpory státu mizivé. Pokud započítáme veškeré náklady spojené se stlačením a provozními náklady, je výsledná cena z biometanu bez podpory na úrovni **28,22 Kč/ m³** což je cca **76 %** průměrné ceny benzínu Natural 95 (**36,89 Kč/ l BA** platné k 19.3.2012), kde platí ekvivalent $1\text{ l BA} = 1\text{ m}^3$. Můžeme namítnout, že stále se jedná o významnou úsporu oproti benzínu, ale jeli v současné době úspora u stlačeného zemního plynu cca 49% oproti benzínu Natural 95, lze velmi pochybovat o ochotě uhradit o 25% vyšší náklady na stlačený biometan. I úspora **49%** za pohonné hmoty oproti normálu, není motivačním prvkem pro velkou část obyvatelstva. Vždyť k 1Q 2012 jezdí v ČR cca 3 500 vozidel CNG.

Obrázek č. 19: plnicí stanice CNG Svoboda nad Úpou, zdroj: E.ON



Tabulka č. 35: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v MWh, zdroj: autor

CNG	cena vstupní komodity za (MWh)	distribuční sazba E.ON Distribuce a.s. za (MWh)	daň ze zemního plynu k 1.1.2012 (MWh)	náklady na EE + provozní náklady (MWh)	prodejní cena CNG bez DPH (MWh)	prodejní cena CNG s DPH (MWh)
Biometan	2 000,00 Kč	0 Kč	0 Kč	475,00 Kč	2 475,00 Kč	2 970,00 Kč
zemní plyn	700,00 Kč	221,00 Kč	34,20 Kč	475,00 Kč	1 430,20 Kč	1 716,24 Kč

Tabulka č. 36: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v m³, zdroj: autor

kalkulace na m ³						
Biometan	19,00 Kč	0 Kč	0 Kč	4,51 Kč	23,51 Kč/ m ³	28,22 Kč/ m ³
zemní plyn	7,35 Kč	2,32 Kč	0,36 Kč	5,04 Kč	15,06 Kč/ m ³	18,08 Kč/ m ³

Tabulka č. 37: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v kg, zdroj: autor

kalkulace na kg						
Biometan	26,60 Kč	0 Kč	0 Kč	6,32 Kč	32,92 Kč/ kg	39,50 Kč/ kg
zemní plyn	10,29 Kč	3,25 Kč	0,50 Kč	7,05 Kč	21,09 Kč/ kg	25,31 Kč/ kg

5.2 Nové myšlenky. Perspektivy technologie enzymatické konverze a výroby H₂.

Zpracovávat můžeme fytomasu dvěma způsoby

- Hydrolýzou
- termicky

Metoda hydrolýzy je drahá, jelikož využívá silných kyselin a probíhá za vysokých teplot. Jsou velké nároky na energie a již zmiňované kyseliny.

Další metodou je hydrolýza škrobů. Jedná se již o lacinější metodu, ale využíváme pouze cca 15% cukerného roztoku u brambor a 30- 35% hmoty u obilovin. Z toho lze vyvodit vysokou ztrátovost a tudíž i neekonomickou výroby.

Termická metoda je spalování fytomasy. Je však otázka, zda je účelné jen fytomasu spálit a získat tím jen jednostranný účel využití. Vždyť fytomasa je nositelem mnoha zdrojů surovin jak pro energetiku, tak pro potravinářství, farmaceutický průmysl a průmysl chemický.

5.2.1 enzymatické konverze

Mezi nové pohledy ve využití biomasy je enzymatické konverze. Jedná se o komplexní využití hlavních složek fytomasy. Výhodou je, že již není základní rostlina pěstována za účelem následného získání pouze jednoho produktu (cukr, líh, MEŘO, atd.), ale rostlina je zpracovávána postupnými kroky, při kterých se oddělují jednotlivé složky pro různá využití. Pokud je využita celá rostlina, jedná se o efektivní a tím i ekonomický model. Ano můžeme namítnout že nyní ještě není vše uvedené v praxi, ale bez kvalitního a velice sofistikovaného výzkumu nelze očekávat právě efektivitu a ekonomiku.

V rámci JČU v Českých Budějovicích, katedry aplikovaných technologií, probíhá výzkum komplexního a bezodpadového využití plodin. Tým zdejších vědců kolem Prof. Ing. Stanislava Kužela, CSc. a Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc., podal několik patentů zpracování jetele lučního a ovsa.

Z uvedeného výzkumu vyplívá, že z jetele získáme následné suroviny pro:

- **Farmaceutický průmysl**

Genistin- surovina pro výrobu léku pro ženy (Genistein)

- **Kosmetický průmysl**

Na-Cu-chlorofylin, Feofytiny, Karoteny- potravinářská a kosmetická barviva

- **Energetika, doprava, chemický průmysl**

Cukerné roztoky- výroba butanolu, etanolu, acetonu

Odpadní fitomasa- pelety

U konverze ovsa získáme:

➤ **Potravinářský průmysl**

β -glukany ovsa – antinutriční látka, je vhodná při redukčních dietách

Ovesný škrob, ovesné mléko, ovesná smetana, ovesný pudink, ovesná majonéza, ovesný sirup, ovesný sirup

➤ **Kosmetický průmysl**

Z β -glukanů lze izolovat ovesný škrob, který lze využít jako náhradu mastku

➤ **Energetika**

Cukerné roztoky- výroba butanolu, acetonu

➤ **Doprava**

Bioetanol, butanol

Odpadní pluchy a nečistoty- pelety

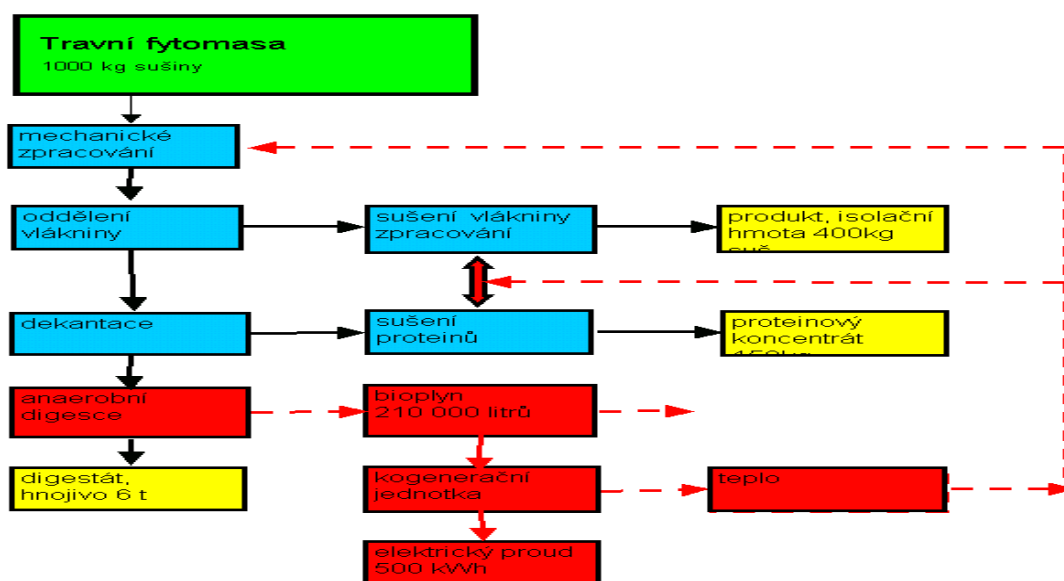
➤ **Chemický průmysl**

Fural, surovina pro výrobu furanu, který je hlavní složkou pro výrobu organických rozpouštědel použitelných při výrobě plastů.

Lipázová pasta- využití pro odmašťování materiálů, štěpí tuky
aceton

Celý tento proces lze koncentrovat do tzv. biorafinerií. V biorafinerii lze zpracovávat surovinu komplexně skoro tak, jak to známe z klasické rafinerie na zpracování ropy, ale zde jsou zvoleny postupy na zpracování biomasy.

Obrázek č. 20: Schéma- jednoduchá biorafinerie, zdroj: Wikipedie



5.2.2 Produkce vodíku H₂

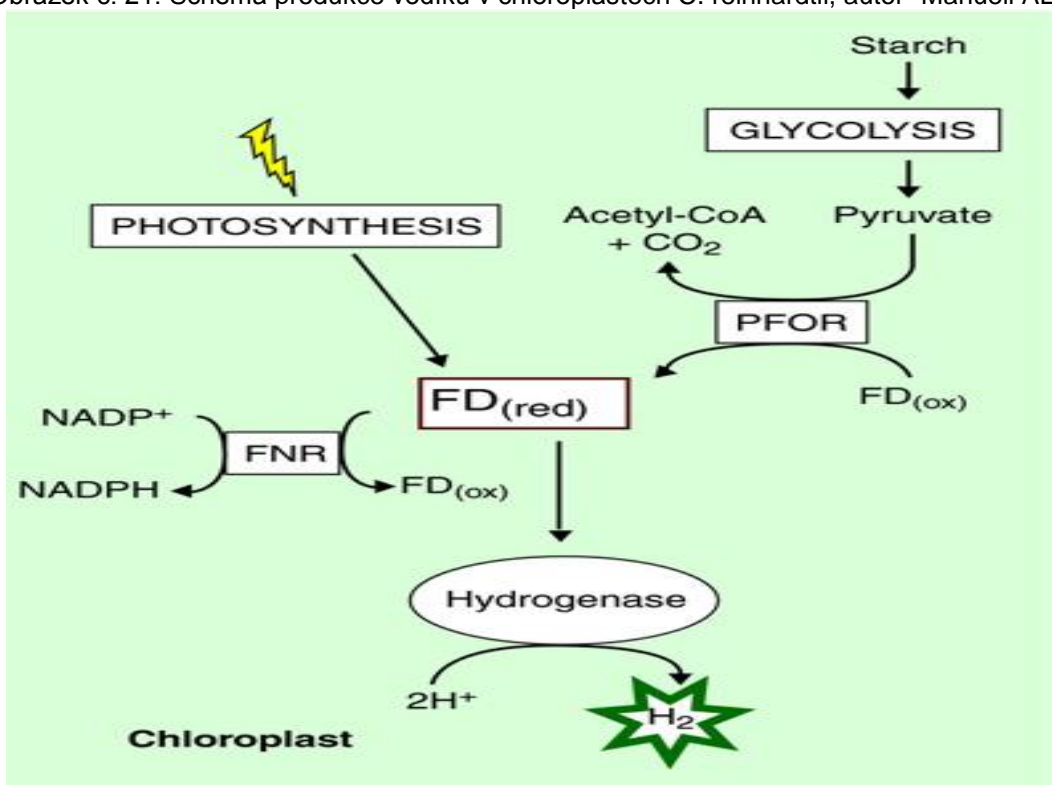
Pro výrobu vodíku H₂ se využívají řasy *Chlamydomonas reinhardtii*, obrázek č. 11. Jedná se o jednobuněčné řasy, které mají velikost od 5 do 100 μm a jsou kulovitého, nebo eliptického tvaru. Nalézá se ve vodě, jako zelená řasa, obrázek č. 22.

Tato řasa má jednu zvláštní vlastnost. Pokud je na světle a nemá možnost čerpat z okolního prostředí síru S a kyslík O₂, začne produkovat vodík H₂, viz obrázek č. 21.

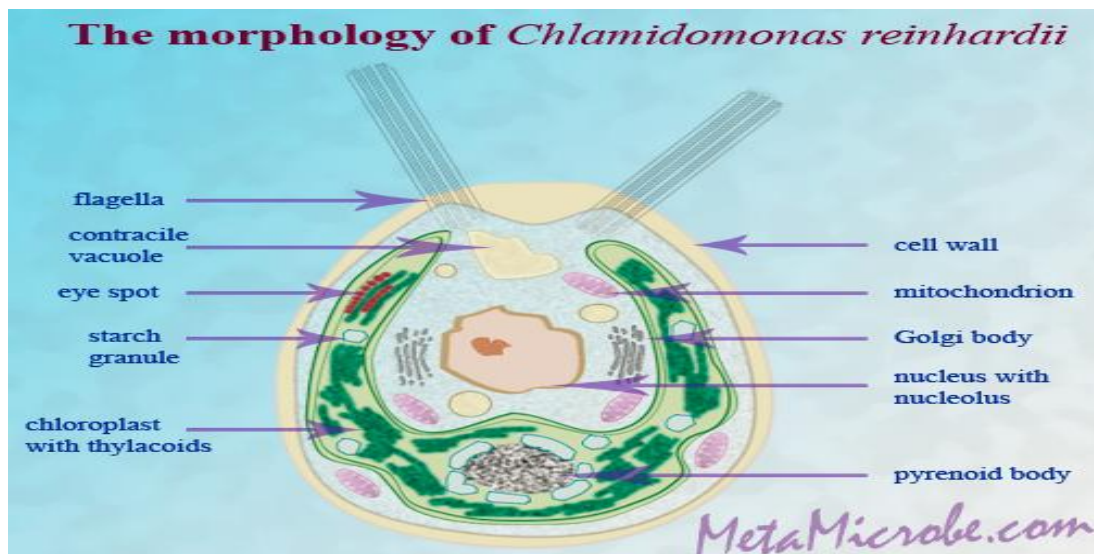
Princip popsal Tasios Melis z University of California at Berkeley. Nejprve je nutné řasám zajistit prostřednictvím fotosyntézy (voda, CO₂, světlo) vhodný vývoj. Následně se odebere po dobu cca 80 hodin veškerá síra a v anaerobním prostředí při zajištění světla jímáme produkovaný H₂. Pan Melis uvádí, že pokud se povede za pomoci geneticky upravených řas zvýšit produkci H₂ ze stávajících 10% na 50%, bude moci rozjet průmyslové využití. Schéma č. 11 nám tuto produkci H₂ prakticky dokumentuje.

Celé kouzlo tkví v tom, že reaktory neobsahují žádné nebezpečné látky, technologicky se jedná o jednoduchá zařízení s nízkými výrobními náklady a možnost umístění této technologie kamkoli podle potřeby. Lze tudíž využít i pro člověka nehostinná místa, která nejsou vhodná pro žádnou zemědělskou činnost.

Obrázek č. 21: Schéma produkce vodíku v chloroplastech *C. reinhardtii*, autor- Manuel AL



Obrázek č. 22: Schéma morfologie řasy *Chlamidomonas reinhardii*, zdroj: MetaMicrobe.com



Z uvedených projektů lze vyvodit, že bez kvalitní a odpovědné vědecké práce nelze počítat s opravdu převratnými technologiemi, které však lidstvo bezpodmínečně potřebuje. Je tudíž s podivem, že je velice podceňována vědecká výzkumná činnost a to ze strany státu, ale i ze strany průmyslových společností. Tyto by měli mít ze všech největší zájem o produkty takového výzkumu. Věřím, že odpovědnost lidstva povede k uvědomění této odpovědnosti a podpoře kvalitní vědecké práce.

6. Zdroje dat:

1. ČERMÁKOVÁ, Jiřina, Nové trendy ve využití bioplynu. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2
2. Klicpera Jiří, Přibil Evžen, PATRES, Školící program využití obnovitelných zdrojů energie v budovách. [cit. 2012-01-12] dostupné z:<http://www.patres.net/media/102950/biomasa.pdf>
3. BABIČKA, Luboš: Významný přínos výroby bioplynu. Listy cukrovarnické a řepařské. Biom.cz [online]. 2010-02-10 [cit. 2012-01-25]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznamny-prinos-vyroby-bioplynu>, ISSN: 1210-3306
4. Fuksa, P., Hakl, J., 2008: Využití pícnin pro výrobu bioplynu. In: Sborník příspěvků z konference Energetické a průmyslové rostliny XIII, ČZU v Praze, 4. 12. 2008, s. 39-43.
5. Dohányos, M., Zábranská, J., 2001: Základní principy anaerobního rozkladu organických látek. In: Sborník z konference Možnosti výroby a využití bioplynu v zemědělství, Třeboň, CZ-BIOM a ČOV Třeboň, s. 15-28.

6. POKORNÁ Marcela, KŠICA Martin, ŠMARDA Pavel, Konkurenceschopnost a kvalita - cesta k úspěchu zemědělského podniku. Irs-eu[online]. [cit. 2012-02-12]. Dostupné z http://www.irs-eu.com/files/prezentace_pOlt_final.pdf
7. ČERMÁKOVÁ, Jiřina, TENKRÁT, Daniel: Efektivní zhodnocení bioplynu. Biom.cz [online]. 2011-08-22 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-zhodnoceni-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
8. SEVEN, MadeGasCar, [online]. [cit. 2012-02-07]. Dostupné z <http://www.svn.cz/sites/www.svn.cz/files/desky-final.pdf>
9. FOLTÝN, Ivan, ZEDNÍČKOVÁ, Ida, RENTABILITA ZEMEDELSKÝCH KOMODIT, ÚZEI, Praha 2010, [cit. 2012-03-18], dostupné z: <http://www.uzei.cz/left-menu/publikacni-cinnost/studie/2010/studie102.pdf>, ISBN 978-80-86671-80-2
10. Náklady a výnosy vybraných rostlinných a živočišných výrobků, ÚZEI, Praha 2010, [cit. 2012-03-18], dostupné z: [://www.uzei.cz/left-menu/databaze/nakladovost-zemedelskych-vyrobku/2009.pdf](http://www.uzei.cz/left-menu/databaze/nakladovost-zemedelskych-vyrobku/2009.pdf)
11. SLADKÝ, Václav: Metody úpravy bioplynu na kvalitu zemního plynu. Biom.cz [online]. 2009-03-30 [cit. 2012-02-07]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/metody-upravy-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>. ISSN: 1801-2655.
12. Kára, J. a kol., Výroba a využití bioplynu v zemědělství, VÚZT, v.v.i. vydání 1. Praha 2007. 117 s. ISBN 978-80-86884-28-8
13. Bioprovit, Anaerobní technologie, Bioprofit [cit. 2012-01-12] dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htmSCHULZ, EDER: Bioplyn v praxi, 2004
14. PASTOREK, Zdeněk: Bioplyn – užitečný zdroj energie nebo riskantní způsob podnikání. Biom.cz [online]. 2008-07-14 [cit. 2012-01-2]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-uzitecny-zdroj-energie-nebo-riskantni-zpusob-podnikani>>. ISSN: 1801-2655
15. Tabašek, Marek, Energetické využití bioplynu v kogenerační jednotce se spalovacím motorem = Usage of landfill gas energy in gas engines of combined heat and power units : autoreferát doktorské disertační práce / Marek Tabašek, Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 33 s.
16. Dohányos, M., Zábranská, J., Bilance metanizace- výpočet maximální výtěžnosti bioplynu. Vodní hospodářství B38, 2, 1988. s. 45- 49.
17. LEŠTINA, Jan: Některé aspekty pěstování plodin pro výrobu bioplynu. Biom.cz [online]. 2011-04-27 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nektere-aspekty-pestovani-plodin-pro-vyrobu>>

bioplynu>. ISSN: 1801-2655. http://www.agroweb.cz/Suroviny-k-vyrobe-bioplynu-a-hnojiv___s137x30081.html

18. Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR po vstupu do EU : sborník konference, Třeboň 13.-14. října 2004 / ČOV s.r.o. Třeboň a CZ-BIOM, Praha : CZ BIOM ve spolupráci s ČOV, s.r.o. Třeboň, 2004, 178 s.
19. Vtláčení bioplynu do plynárenských sítí : požadavky na kvalitu a měření = Injection of biogas into natural gas grid : requirements for quality and measurement : TPG G 983 01 : schválena dne 16.12.2010, [platí od 1.3.2011 / realizace a vydání technických pravidel Český plynárenský svaz]
20. Provozní zkušenosti s odstraňováním siloxanů z bioplynu = Industrial Experience with Siloxan Removal from Biogas at WWTP Prague / Karel Ciahotný ... [et al.], 10 il., Plyn. -- ISSN 0032-1761. -- Roč. 91, č. 3 (březen 2011), s. 59-62
21. Kelly Anne Saikkonen, Technical And Economic Feasibility Of Upgrading Dairy Manure-Derived Biogas For Natural Gas Pipeline, Thesis (M.S.)--Cornell University, May, 2006.
22. Dieter Deublein; Angelika Steinhauser, Biogas from waste and renewable resources : an introduction, Weinheim : Wiley-VCH, 2011., 2nd, rev. and expanded ed
23. E. Ryckebosch; M. Drouillon; H. Vervaeren, Techniques for transformation of biogas to biomethane, Biomass and Bioenergy, v35 n5 (201105): 1633-1645

6.1 Seznam legislativních předpisů

1. Nařízení ES č. 1774/2002 O využití vedlejších živočišných produktů
2. Nařízení vlády č. 103/2003 O stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech
3. zákon 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
4. Zákon o odpadech 185/2001 Sb. v platném znění a prováděcí předpisy
5. Vyhláška 383/2001 Sb. O podrobnostech nakládání s odpady
6. Vyhláška 382/2001 Sb. O podmínkách využití upravených kalů na zemědělské půdě ve znění vyhl. 504/2004 Sb.
7. Energetický zákon 406/2000 Sb. v platném znění
8. Zákon 100/2001 Sb. o hodnocení vlivů na životní prostředí (EIA)

9. Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší – klasifikace zdrojů znečištění

10. TDG 983 01 a TPG 902 02

6.2 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Chemické složení a vlastnosti směsi plynu, zdroj: E.ON

Tabulka č. 2: Obsah živin v kejdě hospodářských zvířat, zdroj: Richter

Tabulka č. 3: Obsah živin ve fytomase, zdroj: E.ON

Tabulka č. 4: Obsah sušiny ve skládkovém plynu, zdroj: E.ON

Tabulka č. 5: Historické příklady před rokem 2000, zdroj: GAS s.r.o.

Tabulka č. 6: Složení a vlastnosti bioplynu, zdroj: E.ON

Tabulka č. 7: Výtěžnost jednotlivých substrátů, zdroj: Jiřina Čermáková

Tabulka č. 8: Výživa rostlin a hnojení, zdroj: Doc. Ing. S. TESARĚ Csc.

Tabulka č. 9: Náklady a výnosy kukuřice 2009- zdroj: J. Poláčková ÚZEI

Tabulka č. 10: Výnosy a náklady pícnin- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (rok 2008), vlastní výpočty ÚZEI (rok 2014)

Tabulka č. 11: Výnosy a náklady trvalých travních porostu- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (rok 2008), vlastní výpočty ÚZEI (rok 2014)

Tabulka č. 12: Podíly nákladových položek na celkových nákladech - pícniny (%)- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (období 2002-2008), vlastní výpočty ÚZEI (období 2009-2014)

Tabulka č. 13: Podíly nákladových položek na celkových nákladech - trvalé travní porosty (%)- zdroj: Výběrové šetření nákladu ÚZEI (období 2002-2008), vlastní výpočty ÚZEI (období 2009-2014)

Tabulka č. 14: Obsah a skladba substrátu pro výrobu bioplynu, zdroj: autor

Tabulka č. 15: koeficient výtěžnosti, zdroj: autor

Tabulka č. 16: Roční bilance výtěžnosti energie, zdroj: autor

Tabulka č. 17: Produkce digestátu, zdroj: autor

Tabulka č. 18: doba skladování a velikost jímky, zdroj: autor

Tabulka č. 19: Investiční náklady BPS, zdroj: autor

Tabulka č. 20: Provozní náklady, zdroj: autor

Tabulka č. 21: odpisy platné v roce 2012, zdroj: autor

Tabulka č. 22: Kalkulace ceny kWh bioplynu, zdroj: autor

Tabulka č. 23: hodnocení technologií různých dodavatelů, zdroj: autor

Tabulka č. 24. Parametry jednotlivých metod, zdroj: autor

Tabulka č. 25 až 29. Využití jednotlivých technologií v Evropě, zdroj: PP, a.s.

Tabulka č. 30: Kalkulovaná cena biometanu, zdroj: autor

Tabulka č. 31: Celkové roční provozní náklady výroby biometanu, zdroj: autor

Tabulka č. 32: provozní čas flowe, zdroj: autor

Tabulka č. 33: Prostá doba návratnosti, zdroj: autor

Tabulka č. 34: Hodnocení jednotlivých ukazatelů, zdroj: autor

Tabulka č. 35: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v MWh, zdroj: autor

Tabulka č. 36: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v m³, zdroj: autor

Tabulka č. 37: kalkulace CNG a stlačeného biometanu v kg, zdroj: autor

Obrázek č. 1: schéma získávání bioplynu, zdroj: autor

Obrázek č. 2: schéma tělesa skládky, vertikální sběr, autor: Kára a kol. 2007

Obrázek č. 3: schéma bioplynové stanice- mokrá technologie, zdroj: EkoWATT

Obrázek č. 4: schéma produkce a využití bioplynu, zdroj: E.ON

Obrázek č. 5: Pohled na bioplynovou stanici v Třeboni z ptačí perspektivy, zdroj: E.ON

Obrázek č. 6: Fermentory bioplynové stanice v Třeboni, zdroj: E.ON

Obrázek č. 7: schéma č. 3: Proces PSA, zdroj: CarboTech

Obrázek č. 8: schéma Proces PSA, zdroj: Xebec

Obrázek č. 9: schéma Tlaková vypírka, zdroj: SEVEN, o.p.s.

Obrázek č. 10: schéma Chemická vypírka, proces MT-Biomethane, zdroj: SEVEN, o.p.s.

Obrázek č. 11: schéma Membránová separace, zdroj: SEVEN, o.p.s.

Obrázek č. 12: Technologie Xebec, zdroj: Bonett Bohemia a.s.

Obrázek č. 13: Gaswerker GmbH & Co. KG, Drögennindorf, zdroj: MT-Biomethan GmbH

Obrázek č. 14: Schéma Tlaková vypírka, zdroj: Greenlane Biogas

Obrázek č. 15: Membránová separace- zdroj: Michael Harasek, Vienna University of Technology

Obrázek č. 16: Schéma Dvoustupňová membránová separace, zdroj: Michael Harasek, Vienna University of Technology

Obrázek č. 17: Schéma Nízkoteplotní separace, zdroj E.ON

Obrázek č. 18: koncepce CNG vozidla, zdroj: VW

Obrázek č. 19: plnicí stanice CNG Svoboda nad Úpou, zdroj: E.ON

Obrázek č. 20: Schéma- jednoduchá biorafinerie, zdroj: Wikipedie

Obrázek č. 21: Schéma produkce vodíku v chloroplastech *C. reinhardtii*, autor- Manuell

Obrázek č. 22: Schéma morfologie řasy *Chlamidomonas reinhardtii*, zdroj: MetaMicrobe.com

Graf č. 1: přímá vazba teploty procesu na výtěžnost, zdroj: E.ON

Graf č. 2: výtěžky bioplynu v čase, zdroj: E.ON

Graf č. 3: Vývoj instalovaného výkonu z bioplynu v letech, zdroj: ERÚ

Graf č. 4: Návratnost investice v letech- maximalistická varianta, zdroj: autor

Graf č. 5: Návratnost investice v letech- realistická varianta z pohledu podpory výroby, zdroj: autor

6.3 Přílohy

Příloha č. 1- Koeficienty výtěžnosti jednotlivých zdrojů, zdroj E.ON

Koeficienty výtěžnosti						
Substrát	VL [%]	zž [%]	Vlžž [%]	Výtěžek bioplynu [Nm ³ /t Vlžž]	Obsah metanu v bioplynu CH ₄ [%]	Výtěžek metanu (Nm ³ /t Vlžž)
kejda skotu	10	80%	8	382	55	210
kejda prasat I.	8	73%	5,8	400	60	240
kejda prasat II.	6	62%	3,7	400	60	240
výpalky ovocné	3	95%	2,85	429	70	300
Lihovar. výpalky	8	88%	7,04	485	68	330
výpalky brambor	7	90%	6,3	550	60	330
syrovátka	5,5	87%	4,79	741	54	400
G-fáze (glycerin)	68,5	100%	68,5	1120	50	560
trus drubeže I.	40,5	73%	29,7	1000	58	580
trus drubeže II.	35	75%	26,25	586	58	340
chlévková mrva *	20	80%	16	418	55	230
podestýlka	90	89%	80	167	60	100
kukuřičná siláž *	32	94%	30	731	52	380
pokrutiny	80	98%	78	667	51	340
žito na zeleno	30	88%	26,4	582	55	320
senáž *	35	93%	32,5	574	54	310
obilí GPS	35	88%	30,8	615	52	320
CCM	88	98%	86,2	684	57	390
obilný šrot	88	98%	86,2	717	53	380
cukr. řízky	20	96%	19,1	727	55	400
zdrtky brambor	19	90%	17,1	667	60	400
Výlisky z vinné révy	45	88%	39,6	673	52	350
Výlisky z jablek	35	88%	30,8	583	60	350
Mláto	25	80%	20	583	60	350
Zbytky tuků	45	90%	40,5	754	65	490
odpady z tržiště	37	80%	29,6	509	55	280
kuchyňské odpady	25	98%	24,5	545	55	300
flotační kal	15	95%	14,25	1328	58	770
travní seč	20	95%	19	607	56	340
doředění (voda, fugát)	0,4	0%	0	0	55	0
Zbytky krmiv *	25	95%	23,63	577	52	300
melasa	85	85%	72,3	952	63	600
nedožerky z kr. žlabů *	30	93%	28	593	54	320
bramborová dřť	19	90%	17,1	800	50	400
jatečný odpad	15	95%	14,25	952	63	600

VL - veškeré látky (celková sušina)

Vlžž - organické látky (organická sušina)

* velikost řezanky není větší než 4 cm

Příloha č. 2 - „Kvalitativní parametry distribuovaného plynu“, zdroj E.ON



Příloha č. 3

Kvalitativní parametry distribuovaného plynu

Kvalita plynu distribuovaného distribuční soustavou musí splňovat kvalitativní ukazatele podle TPG 902 02 Změna 1 „Jakost a zkoušení plyných paliv s vysokým obsahem metanu“, přičemž požadavky na složení plyných paliv s vysokým obsahem metanu jsou následující:

1. Požadavky na přírodní zemní plyn rozváděné distribuční soustavou.

Parametr	Hodnota
Obsah metanu	minimálně 85% mol.
Obsah vody vyjádřený jako teplota rosného bodu vody °C	nejvýše 2°C pod teplotou zeminy při provozním tlaku
Obsah uhlovodíků vyjádřený jako teplota rosného bodu uhlovodíků	nejvýše 2°C pod teplotou zeminy při provozním tlaku
Obsah etanu	maximálně 7,0 % mol.
Obsah propanu	maximálně 4,0 % mol.
Obsah sumy butanů	maximálně 4,0 % mol.
Obsah sumy pentanů a vyšších uhlovodíků	maximálně 3,5 % mol.
Obsah kyslíku	maximálně 0,5 % mol.
Obsah oxidu uhličitého	maximálně 5,0 % mol.
Obsah dusíku	maximálně 10,0 % mol.
Obsah inertů (dusíku a oxidu uhličitého)	maximálně 10,0 % mol.
Celkový obsah síry (bez odorantů), roční průměrná hodnota	maximálně 30 mg.m ⁻³ 1)
Obsah merkaptanové síry (bez odorantů)	maximálně 5 mg.m ⁻³ 1)
Obsah sulfanu (bez odorantů), roční průměrná hodnota	maximálně 6 mg.m ⁻³ 1)
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny 2)

1) Referenční podmínky $t_v = 15 \text{ °C}$, $p_v = 101,325 \text{ kPa}$.

2) Pod pojmem nepřítomny se rozumí odstranění mlhy, prachu a kondenzátů do té míry, aby byl zabezpečen bezproblémový transport plynu v distribuční soustavě a bezproblémový provoz plynových spotřebičů a zařízení.

2. Požadavky na biometan tak, aby mohl být vtlačěn do plynárenských distribučních sítí.

Parametr	Hodnota
Obsah metanu	minimálně 95% mol.
Obsah vody vyjádřený jako teplota rosného bodu vody °C	maximálně -10°C při předávacím tlaku ¹⁾
Obsah kyslíku	maximálně 0,5 % mol.
Obsah oxidu uhličitého	maximálně 5,0 % mol.
Obsah dusíku	maximálně 2,0 % mol.
Obsah vodíku	maximálně 0,2 % mol.
Celkový obsah síry (bez odorantů)	maximálně 30 mg.m ^{-3 2)}
Obsah merkaptanové síry (bez odorantů)	maximálně 5 mg.m ^{-3 2)}
Obsah sulfanu (bez odorantů)	maximálně 7 mg.m ^{-3 2)}
Obsah amoniaku	nepřítomen ³⁾
Halogenované sloučeniny	maximálně 1,5 mg(Cl+F).m ^{-3 2)}
Organické sloučeniny křemíku	maximálně 6 mg(Si).m ^{-3 2)}
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny ³⁾

1) Předávacím tlakem se rozumí minimální požadovaný tlak v místě napojení výroby plynu na plynárenskou soustavu, který je dohodnutý ve smlouvě o připojení (musí být specifikováno, zda se jedná o přetlak, nebo absolutní tlak).

2) Referenční podmínky $t_v = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_v = 101,325 \text{ kPa}$.

3) Pod pojmem nepřítomen/nepřítomny se rozumí odstranění nečistot do té míry, aby byl zabezpečen bezproblémový transport plynu v distribuční soustavě a bezproblémový provoz plynových spotřebičů a zařízení.

Poznámka: Způsoby a rozsah měření jednotlivých parametrů závisí na dohodě mezi provozovatelem příslušné distribuční soustavy resp. přepravní soustavy a výrobcem plynu.

Příloha č. 3- Bezpečnostní list, zdroj E.ON

Bezpečnostní list

podle Nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH)

Zemní plyn

1 Identifikace látky / směsi a společnosti / podniku

1.1 Identifikátor výrobku

Obchodní název:	Zemní plyn, odorizovaný, v plynném stavu
Chemický název:	Zemní plyn, vysušený
Registrační číslo:	Nepodléhá registraci
Číslo CAS:	68410-63-9
Číslo ES/EINECS:	270-085-9
Další názvy:	Naftový zemní plyn
Cizojazyčné názvy:	Natural gas (EN), Erdgas (DE), Gaz naturel (FR), Prirodnyj gaz, jestěstvěnnyj gaz (RU)

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

Určená použití: Fosilní palivo pro výrobu energie, surovina pro chemickou výrobu

Nedoporučená použití: Neuvedena

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Dovozce / distributor:	E.ON Energie, a.s.
Sídlo:	F. A. Gerstnera 2151/6, 370 49 České Budějovice
Identifikační číslo:	26078201
Telefon:	+420 387 861 111
Fax:	+420 387 865 802

Osoba odpovědná za bezpečnostní list:

Pavel Sobotka, E.ON Česká republika, s.r.o., F.A.Gerstnera 2151/6, 370 49 České Budějovice, +420 387 864 001, pavel.sobotka@eon.cz

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2:

(24 hod./den) +420 919 293, +420 224 915 402, + 420 224 914 575

Nonstop telefonní linka platná na celém území ČR pro hlášení poruch:

1239 (slouží pouze pro případ úniku zemního plynu)

2 Identifikace nebezpečnosti

Celková klasifikace směsi: Směs je klasifikována jako nebezpečná

Nebezpečné účinky na zdraví:

Ve vysokých koncentracích může způsobit udušení.

Nemá toxické ani otravné účinky. Při jeho nedokonalém spalování se může vytvářet jedovatý oxid uhelnatý.

Nebezpečné účinky na životní prostředí:

Zemní plyn (metan) i produkty jeho spalování jsou skleníkové plyny.

2.1 Klasifikace látky nebo směsi:

Klasifikace dle (ES) 1272/2008: Kód třídy a kategorie nebezpečnosti (Flam. Gas 1 – hořlavý plyn, kategorie 1), kódy standardních vět o nebezpečnosti (H 220)

Klasifikace dle 67/548/EHS : Klasifikace F+
R-věty R12

2.2 Prvky označení

Výstražný symbol nebezpečnosti:



Signální slovo: Nebezpečí

Standardní věty o nebezpečnosti: Extrémně hořlavý plyn

Pokyny pro bezpečné zacházení: Skladujte na dobře větraném místě. Chraňte před teplem / jiskrami / otevřeným plamenem / horkými povrchy. Zákaz kouření. Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny. Uzemněte obal a odběrové zařízení.

2.3 Další nebezpečnost

Výrobek je odorizován. Se vzduchem tvoří v rozmezí 4,4 – 17 obj.% výbušnou směs, při její iniciaci (otevřeným ohněm, jiskrou, elektrickým výbojem) může dojít k výbuchu.

Při prudké expanzi z vyššího tlaku cca 15 atm. dochází k ochlazování a může dojít k zamrznutí vodních par v okolí výtokového otvoru – nebezpečí omrzlin.

3 Složení / informace o složkách

3.1 Směsi

Název CHL	Obsah CHL ve výrobku (%)	Číslo ES	CAS	Symbole nebezpečnosti	R-věty*
Metan	>97 mol %	200-812-7	74-82-8	F+	12
Etan	cca 1 mol %	200-814-8	74-84-0	F+	12
Propan	cca 0,3 mol %	200-827-9	74-98-6	F+	12
Iso-butan	cca 0,05 mol %	200-857-2	75-28-5	F+	12
n-butan	cca 0,05 mol %	203-448-7	106-97-8	F+	12
Iso-pentan	cca 0,01 mol %	201-142-8	78-78-4	F+, Xn, N	12-51/53-65-66-67
n-pentan	cca 0,009 mol %	203-692-4	109-66-0	F+, Xn, N	12-51/53-65-66-67
Hexan	cca 0,04 mol %	203-777-6	110-54-3	F, Xn, N	11-38-48/20-51/53-62-65-67
Odorant CAPTAN 21					
Tetrahydro-thiofen	cca 0,0003 mol %	203-728-9	110-01-0	F, Xn, Xi	11-20/21/22-36/38
Tert-butyl merkaptan		200-890-2	75-66-1	F	11

* úplné znění R-vět viz položka 16

4 Pokyny pro první pomoc

4.1 Popis první pomoci

Postiženého dopravit na čerstvý vzduch. Udržovat v teple a klidu. Přivolat lékaře.

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Při nadýchání:

Příznaky: Příznaky expozice vdechováním odpovídají příznakům dušení: těžký dech, hlasité dýchání až chrapot, pěna na ústech, zmodrání rtů, tváří a nehtů, bezvědomí, zástava dechu.

První pomoc: Zabezpečit dostatek čerstvého vzduchu, zkontrolovat frekvenci dýchání v 10 minutových intervalech. Pokud je nutné – postiženého resuscitovat. Přivolat lékaře.

Při styku s kůží:

Nezpůsobuje poškození.

Při zasažení očí:

Nezpůsobuje poškození.

Při požití

Orální expozice zemním plynem se nepovažuje za možný způsob expozice.

5 Opatření pro hašení požáru

5.1 Hasiva

Vhodná hasiva

Tříštěný vodní proud, vodní mlha, prášky A-B-C-D-E nebo B-C-E, halony jako aerosol, dusík nebo oxid uhličitý

Nevhodná hasiva

Voda – plný proud

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Při rychlé expanzi může docházet k tvorbě mlh (plyn je silně podchlazený), které zůstávají při zemi, šíří se do okolí a mohou tvořit výbušné směsi.

Při hoření vzniká sálavé teplo. Při nedokonalém spalování (malý přebytek vzduchu) mohou spaliny obsahovat oxid uhelnatý.

5.3 Pokyny pro hasiče

Izolační dýchačí přístroje

6 Opatření v případě náhodného úniku

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Evakuace všech osob nepodílejících se na záchranných pracích. Přerušit únik zemního plynu. Zabezpečit dostatečné odvětrání zasaženého prostoru. Odstranit všechny možné zápalné zdroje (při práci s otevřeným ohněm nesmí koncentrace přestoupit 0,1 násobek spodní meze výbušnosti). V zasaženém prostoru je možno používat pouze nejiskřící přístroje a nářadí. Zasažený prostor označit bezpečnostními tabulkami „Zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm“, „Pozor nebezpečí výbuchu“, „Nepovolaným vstup zakázán“, „Zákaz používání mobilních telekomunikačních zařízení“.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Zabránit dalšímu úniku. Uvědomit příslušné orgány.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Zabezpečit dostatečné odvětrání zasaženého prostoru.

Při provádění bezpečnostních opatření je nutné znát směr větru (šíření mraku plynu). Při expanzi z vyššího tlaku na nižší se zemní plyn ochlazuje – dochází k omrzání výtokového otvoru.

7 Zacházení a skladování

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Zemní plyn je možné používat pouze v souladu s příslušnými technickými normami. Vlastnosti zemního plynu jsou určeny především jeho tlakem a vlastnostmi metanu.

Doprava potrubními systémy: probíhá dle příslušných technických norem, při pracích s otevřeným ohněm je nutné zabezpečit chemickou kontrolu pomocí vhodných přístrojů – práce s otevřeným ohněm jsou povoleny do koncentrace metanu 0,1 násobku spodní meze výbušnosti.

Doprava po silnici: řídí se předpisy o silniční přepravě nebezpečných látek (ADR).

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Skladovací prostory musí splňovat požadavky na požární bezpečnost staveb, je nutné individuálně stanovit jednotlivé zóny s nebezpečím výbuchu (určení prostředí).

Způsoby skladování: skladování v tlakových nádobách s atestem, v potrubních systémech dle příslušných technických norem, v podzemních zásobnících plynu (jedná se o činnost prováděnou hornickým způsobem ve smyslu zákona č. 44/1988 Sb. v platném znění a jeho prováděcích předpisů).

Tlakové nádoby je nutné chránit před sálavým teplem včetně slunečního záření. Skladovat na dobře větraném místě při teplotě nižší než 50 °C. Skladovat odděleně od oxidujících plynů a ostatních látek. Nádoby zabezpečit proti pádu.

7.3 Specifická konečná použití

Nejsou známa.

8 Omezování expozice / osobní ochranné prostředky

8.1 Kontrolní parametry

Limitní hodnoty expozice nejsou stanoveny.

8.2 Omezování expozice

Dodržování obecných bezpečnostních a hygienických opatření. Při práci se zemním plynem nekouřit. Zajistit dostatečné větrání.

Omezování expozice pracovníků

Ochrana dýchacích cest: Zabezpečit dostatečné větrání. Při nakládání se zemním plynem by nemělo docházet k jeho únikům do volného prostoru. Kontrolní parametry: obsah metanu/uhlovodíků v prostoru. Při masivním úniku do obestavěného prostoru – izolační dýchací přístroj.

Ochrana rukou: Ochranné pracovní rukavice

Ochrana očí: Ochranné brýle

Ochrana kůže: Pracovní oděv, vhodný materiál – nehořlavá silnější látka. Pracovní oděv antistatický.

Další údaje: V prostorech se stálým únikem nutno používat nejiskřivé nářadí, obuv a oděv, jejichž materiály nezpůsobují elektrostatické výboje schopné iniciovat výbušné prostředí (antistatická obuv a oděv). Pracoviště, pracovní prostředky a instalace přístupné uživatelům zemního plynu se musí projektovat, konstruovat, umísťovat, instalovat, udržovat a používat tak, aby se vyloučilo nebo omezilo nebezpečí výbuchu.

Omezování expozice životního prostředí

Zemní plyn (metan) patří mezi skleníkové plyny. Jeho emise se řídí zákonem o ochraně ovzduší.

9 Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Skupenství:	Plynné (při tlaku 4 až 10 MPa a 20 °C)
Barva:	Bezbarvý plyn
Zápach (vůně):	Slabě merkaptanický
pH (při 20°C):	Nestanoveno
Bod varu / rozmezí bodu varu:	-161,49 °C (vztaženo k metanu)
Bod vzplanutí (°C):	Nestanoveno
Hořlavost:	Extrémně hořlavý
Výbušné vlastnosti:	Koncentrační meze ve směsi se vzduchem: dolní mez 4,4 obj. %, horní mez 17 obj. %
Hustota:	0,7168 kg/m ³ (při 0 °C, 101,325 kPa), 0,6323 při 20 °C, 101,325 kPa) (vztaženo k metanu)
Rozpusťnost ve vodě:	3,5 ml/100 ml při 17 °C (vztaženo k metanu)
Rozpusťnost v tucích:	Nestanoveno
Rozdělovací koeficient n-oktanol/voda:	Nestanoveno
Teplota samovznícení:	Nestanoveno
Teplota rozkladu:	Nestanoveno
Viskozita:	Nestanoveno
Výbušné vlastnosti:	Ve směsi se vzduchem vytváří výbušnou směs
Oxidační vlastnosti:	Zemní plyn neochotně oxiduje za normálních podmínek vzdušným kyslíkem

9.2 Další informace

Relativní molekulová hmotnost:	16,043 (metan)
Samozápalnost:	Ne
Maximální spalovací rychlost:	0,338 m/s
Kritický tlak:	4 641 kPa
Kritický objem:	0,0061 m ³ /kg
Kritická teplota:	-82,1 °C (vztaženo k metanu)
Teplota vznícení:	537 - 595°C
Teplotní třída:	T1
Třída výbušnosti:	II A - dolní mez výbušnosti objemová v % - 4,40; horní mez výbušnosti objemová v % -17,0 dle ČSN EN 61779-1
Maximální zápalná energie:	0,28 mJ (při 8,5 obj. % metanu ve vzduchu)
Mezní exper. bezpečná spára	1,15 mm
Maximální výbuchový tlak:	0,68 MPa
Spalné teplo:	10,5 kWh/m ³
Výhřevnost:	9,5 kWh/m ³

10 Stálost a reaktivita

10.1 Chemická stabilita

Podmínky, za nichž je výrobek stabilní: V uzavřeném prostoru (v původním obalu, potrubí) za nepřístupu kyslíku (vzduchu) nebo jiných oxidačních činidel.

10.2 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Při úniku do volného prostoru: styk s otevřeným ohněm, přítomnost zdrojů vznícení (těles s teplotou vyšší než 537 °C), vytvoření koncentrace v mezích výbušnosti, jiskření.

10.3 Neslučitelné materiály

Silné oxidanty

10.4 Nebezpečné produkty rozkladu

Při nedokonalém spalování (omezený přístup vzduchu) může dojít ke tvorbě oxidu uhelnatého.

11 Toxikologické informace

11.1 Informace o toxikologických účincích

Styk s kůží: Dermální expozice zemním plynem nezpůsobuje poškození. Styk s kapalným zemním plynem může způsobit omrzliny.

Styk s okem: Zemní plyn není dráždivý.

Vdechování: Zemní plyn není pro zdraví člověka nebezpečný. Jeho nebezpečnost při vdechování spočívá ve snižování obsahu kyslíku ve vdechovaném vzduchu, který při extrémně vysokých koncentracích zemního plynu ve vzduchu může poklesnout na hladinu hrozící zadušením. > 10% obj. zemního plynu

Požítí: Požití zemního plynu se nepředpokládá.

Subchronická-chronická toxicita: Nemá známa

Senzibilizace: Nemá známa

Karcinogenita: Výrobek není klasifikován jako karcinogenní

Mutagenita: Nemá známa

Toxicita pro reprodukci: Nemá známa

LD50, orálně, potkan (mg/kg⁻¹): Nestanoveno

LD50, dermálně potkan nebo králík (mg/kg⁻¹): Nestanoveno

LC50, inhalačně, potkan, pro aerosoly nebo částice (mg/kg⁻¹): Nestanoveno

LC50, inhalačně, potkan, pro plyny a páry (mg/kg⁻¹): Nestanoveno

12 Ekologické informace

12.1 Toxicita

Nestanovena, třída ohrožení vod WGK = 0

12.2 Perzistence a rozložitelnost

Oxiduje v atmosféře

12.3 Bioakumulační potenciál

Není znám

12.4 Mobilita ve vzduchu

Složky zemního plynu se rozptylují v atmosféře.

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB

Nestanoveno

12.6 Jiné nepříznivé účinky

Skleníkový plyn, přispívá ke globálnímu oteplování

13 Pokyny pro odstraňování

13.1 Metody nakládání s odpady

Zneškodňování látky / přípravku

V případě úniku zemního plynu jeho zneškodnění provést větráním uzavřených prostor.

Zneškodňování obalů

Tlakové nádoby nebo použitá potrubí mohou být znečištěny kondenzátem zemního plynu – je nutné je mechanicky očistit a odmastit. Prázdné neznečištěné obaly je možné recyklovat. Kondenzáty zemního plynu a média použitá pro čištění jeho obalů je nutné odstranit v souladu s návodem k jejich použití – např. spálením ve spalovně odpadů při respektování všech platných předpisů.

Jestliže se obaly, kondenzáty zemního plynu nebo čisticí média stanou odpadem, je povinen jim jejich producent přidělit odpovídající kód odpadu podle Katalogu odpadů. Kódy odpadů:

Kaly ze dna nádrží na ropné látky – 05 01 03 N

Ropné kaly z údržby zařízení – 05 01 06 N

Odpady jinak blíže neurčené – 05 07 99

Kovový odpad znečištěný nebezpečnými látkami – 17 04 09 N

Zvláštní bezpečnostní opatření pro doporučené nakládání s odpady

Využít právní předpisy: Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, a související předpisy.

Fyzikální / chemické vlastnosti, které mohou ovlivnit způsob nakládání s odpady

Se vzduchem tvoří výbušnou směs.

14 Informace pro přepravu

14.1 Číslo OSN

1971

14.2 Příslušný název OSN pro zásilku

Pozemní přeprava ADR : ZEMNÍ PLYN, STLAČENÝ

Železniční přeprava RID: ZEMNÍ PLYN, STLAČENÝ

Námořní přeprava IMDG: ZEMNÍ PLYN, STLAČENÝ

Letecká přeprava ICAO/IATA: ZEMNÍ PLYN, STLAČENÝ

14.3 Třída/třídy nebezpečnosti pro přepravu

Pozemní přeprava ADR : 2

Železniční přeprava RID: 2

Námořní přeprava IMDG: 2,1

Letecká přeprava ICAO/IATA: 2,1

Klasifikace:

Pozemní přeprava ADR : 1F

Železniční přeprava RID: 1F

14.4 Obalová skupina

P200

Pozemní přeprava ADR :

výstražná tabule 2,1 Hořlavé plyny
Identifikační číslo nebezpečnosti 23

Železniční přeprava RID:

výstražná tabule 2,1 Hořlavé plyny
Identifikační číslo nebezpečnosti 23

Bezpečnostní značka:

Pozemní přeprava ADR/RID, námořní přeprava IMDG, letecká přeprava ICAO/IATA



14.5 Nebezpečnost pro životní prostředí

Nestanoveno

14.6 Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele

Zemní plyn je přepravován především podzemními nebo nadzemními potrubními systémy plynovodů nebo jako palivo v palivových nádržích vozidel, u kterých musí být tato úprava schválena příslušným správním orgánem. Je možná i přeprava v tlakových nádobách.

15 Informace o předpisech

15.1 Nařízení týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí / specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí

Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů,

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, včetně souvisejících předpisů,

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů,

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon),

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší),

Zákon č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů,

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech,

Vyhláška č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR),

Vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích.

15.2 Posouzení chemické bezpečnosti

Nebylo provedeno, nepodléhá registraci

16 Další informace

Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty)

- R11 Vysoce hořlavý
R12 Extrémně hořlavý
R38 Dráždí kůži
R48/20 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
R51/53 Toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
R62 Možné nebezpečí poškození reprodukční schopnosti
R65 Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic
R66 Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže
R67 Vdechování par může způsobit ospalost a závratě

Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty)

- S2 Uchovávejte mimo dosah dětí
S9 Uchovávejte obal na dobře větraném místě
S16 Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření
S33 Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny

Standardní věty o nebezpečnosti chemických látek a jejich směsí (H-věty)

- H220 Extrémně hořlavý plyn
H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry
H304 Při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt

Pokyny pro bezpečné zacházení s chemickými látkami a jejich směsmi (P-věty)

- P210 Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny
P240 Uzemněte obal a odběrové zařízení
P243 Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy. Zákaz kouření
P403 Skladujte na dobře větraném místě

Pokyny pro školení

Osoby, které přicházejí do styku s výrobkem, musí být v potřebném rozsahu seznámeny s jeho účinky, se způsoby zacházení, s ochrannými opatřeními, se zásadami první pomoci a postupy při likvidaci havarijních situací včetně zdolávání požáru a údajů uvedených v bezpečnostním listu. Osoby přepravující nebezpečné látky musí být seznámeny s pokyny pro případ mimořádných a havarijních situací a stavů v souladu se zákonem č. 458/2000 Sb.

Doporučená omezení použití

Nejsou

Další informace

Tento bezpečnostní list se vztahuje na odorizovaný zemní plyn v plynném stavu. Nevztahuje se jako celek na užívání odorizovaného zemního plynu, které je upraveno jinými obecně závaznými právními předpisy. Nevztahuje se na zkapalněný zemní plyn. Za správné zacházení s výrobkem podle platné legislativy odpovídá jeho příjemce, který musí respektovat všechny relevantní existující předpisy. Údaje uvedené v bezpečnostním listu vyjadřují současný stav znalostí a zkušeností s výrobkem a popisují výrobek se zřetelem na bezpečnost. Nemohou být z tohoto důvodu pokládány za garantované hodnoty.

Zdroje nejdůležitějších údajů použitých při sestavování bezpečnostního listu

Informace uvedené v bezpečnostním listu byly čerpány:

- Bezpečnostní list zpracovaný podle Nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH) Zemní plyn neodorizovaný, v plynném stavu s tlakem nad 4 MPa, RWE Transgas, a.s.
- ČSN EN ISO 13443 Zemní plyn - Standardní referenční podmínky

- ČSN EN 61779-1 Elektrická zařízení pro detekci a měření hořlavých plynů - Část 1: Všeobecné požadavky a metody zkoušek
- EU ESIS European Existing Substances Information System

Příloha č. 4- List bezpečnostních údajů, zdroj E.ON

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 1/7

LIST BEZPEČNOSTNÍCH ÚDAJŮ

01 - IDENTIFIKACE LÁTKY A JMÉNO DODAVATELE

Název výrobku	CAPTAN 21
Dodavatel	Pietro Fiorentini s.p.a. Via Armenia, 16 33078 S. Vito al Tagliamento (PN) Italie Tel.: +39 0434-85033 Fax: +39 0434-85453 tel. v nouzi: +39 0434-85033

02 - SLOŽENÍ / INFORMACE O SLOŽKÁCH

Chemický název látky	TETRAHYDROTHIOFEN a TERT-BUTYL MERKAPTAN
Chemická značka:	(CH ₂) ₄ -S a t-C ₄ H ₉ SH
Koncentrace:	Typická: THT: 70,2% TBM: 29,5% Minimální: THT: 64,4% TBM: 24,7%
CAS:	110-01-0
EINECS:	203-728-9

03 - IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

Největší nebezpečí/ účinky na zdrav	škodí při vdechování, při kontaktu s pokožkou, a připožití
Fyzikální a chemická nebezpečí:	Vysoce hořlavý - při tepelném rozkladu vzniknou toxické a hořlavé látky
Specifické účinky/CEE:	vysoce hořlavý - škodí při vdechování, při kontakt

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 2/7

u s pokožkou a očima, při požití

04 - PRVNÍ POMOC

Obecné pokyny:

okamžitě svléknout veškeré kontaminované oblečení

Inhalace: vyjít na čerstvý vzduch; v případě nutnosti zavést k yslík či umělé dýchání

Kontakt s pokožkou: okamžitě umýt mýdlem a silným proudem vody

Kontakt s očima: okamžitě umýt silným proudem vody po dobu 15 minut konzultovat očního lékaře

Požítí: Nezvracet

05 - PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA

Použitelné hasicí přístroje: na pěnu, na suchý prášek, CO₂

Nepoužitelné hasicí přístroje: hydranty (vodní)

Typická nebezpečí: zápalná kapalina, možnost vzněti při výparech, tepelný rozklad na zápalné a toxické látky: vodíko vé sloučeniny, sírové oxidy, uhlikové oxidy

Specifické metody: ochladit zásobníky vodním postřikem, zabránit vzniku jisker, otevřeného ohně a samovznícení, ne kouřit

Speciální ochranné vybavení: nasadit dýchací masku a obléknout ochranný oděv

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 3/7

06- OPATŘENÍ PŘI NEBEZPEČNÉM ROZPTYLU

Osobní ochrana:	Použít vybavení pro osobní ochranu, zabránit styku s pokožkou, očima a požití par, nekouřit, zabránit vzniku jisker a otevřeného ohně, evakuovat nepovolané osoby, které nejsou vybaveny speciální ochranou . Při úniku nasadit dýchací přístroj.
Ochrana prostředí	Nevyhazovat výrobek do okolí, zabránit vniknutí výrobku do kanalizace, zahrázovat.
Likvidace a čištění:	načerpat výrobek do nouzového netečného zásobníku označeného etiketou, nechat vsáknout zbytky do netečného absorbentu, rozložit látku v oxidacích roztocích: peroxidu vodíku, chlornanu sodného. Zlikvidovat látku zpopelněním.

POZOR: nepoužívat vysoce koncentrované oxidanty protože by způsobily esotermickou reakci.

07 - MANIPULACE A SKLADOVÁNÍ

Manipulace: (technická opatření)	podmínky skladování a manipulace aplikovatelné na výrobky : dráždivé, zápalné, výbušné na vzduchu; vybavit zařízení vhodnou ventilací, vybavení: sprchy, oční spršky, dýchací přístroje.
Bezpečnostní manipulace:	nepoužívat vzduchu pro přepravu., zákaz ohně, zabránit vzniku jisker a vznícení, nekouřit.
Skladování: podmínky	Udržovat zásobníky hermeticky uzavřené na chladném (technické a skladovací místě, bez přístupu tepla a bez možnosti vzplanutí, při-) pravit zadržovací nádržku na ohraženém místě, a

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 4/7

elektrické materiály používané v antideflační zóně

Balící materiály:
(doporučené) nerez ocel
spojení: polyethylén, rilsan, polytetrafluorethylén
(PTFE) teflon

Vyvarovat se: Mědi a jejích slitin

08 - KONTROLA VYSTAVENÍ / OSOBNÍ OCHRANA

Vybavení osobní ochrany

- ochrana dýchacích cest
při nedostatečné ventilaci nasadit dýchací přístroj
- ochrana rukou rukavice (PVC, neopren)
- ochrana očí bezpečnostní brýle
- ochrana těla a pokožky ochranný oděv
- specifická hygienická opatření vyhnout se styku s pokožkou, očima a vdechování výparů

09 - CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

fyz. stav (20°C) kapalina
zbarvení bezbarvá, světle žlutá
zápach silně zapáchající
teplota samovznícení +345°C
bod varu +72,8°C
bod mrazu -51,1°C
bod rozkladu +640°C
bod vzplanutí - 20°C (v otevřené nádobě)
limit exploze: spodní limit: 1,1%, horní limit: 12,1%
tlak páry (20°C) = 19mbar
objemová hmotnost: (15°C) = 0,936 kg/l
rozpuštnost ve vodě: zbytky
v rozpouštědlech: rozpustná :hydrokarburety, alkoholy
etylový éter

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 5/7

jiné vlastnosti: relativní hustota/vzduch: 0,936 kgm/l
olfativní limit: 1 ppb

10 - STABILITA A REAKTIVITA

Dodržovat tyto předpisy: Chránit před teplem a zabránit vzniku ohně
Uchovávat na suchém místě

Vyhnout se těmto materiálům: silná oxidační činidla, peroxid vodíku, chlornan,
kyselina dusičná, voda

Produkty nebezpečného rozkladu: tepelný rozklad na látky hořlavé a toxické:
sulfid vodíku, teploty nad 640°C

Nebezpečné látky: oxidy síry a oxidy uhlíku

11 - INFORMACE O TOXICITĚ

Vysoká toxicita vdechování: u člověka: prodloužené nebo opakované vystavení:
při silných koncentracích páry může způsobit:
bolesti hlavy a zvracení. experimentálně u
zvířat: lehce škodlivé při vdechování
DL50/vdechování/4h/krysa = 6270 ppm (23mg/l)

požití: otrava v případě požití
DL50/požití/krysa = 1860 mg/kg

při kontaktu s pokožkou: Lehce škodlivé pro pokožku
DL50/pokožka/králík více než 2000 mg/kg

Místní účinky:

při kontaktu s pokožkou: experimentálně u zvířat (králík):
dráždí pokožku

s očima: experimentálně u zvířat (králík): silně
dráždí oči

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 6/7

Chronická toxicita: opakované vystavení vdechováním/ 3 měsíce / krysa
bez většího účinku do 1400 ppm.

12 - INFORMACE O EKOLOGII

Stálost/Poškozování: vzduchu: zničení radikálů OH: časový průměr
t 1/2=0,8d

Bioakumulace: prakticky žádná: logPow=1,6

13 - DOPORUČENÍ

Zničení výrobku: zničit výrobek oxidací s roztoky: peroxid vodíku,
chlornan sodný, zpopelnit.

14 - INFORMACE O DOPRAVĚ

Číslo ONU 1993
ADR/RID třída: 3

předpis: čl. (písmeno): 3b
etiketa: 3
číslo nebezpečí/číslo materiálu: UN Nr. 33/1993

IMDG třída: 3,2
skupina balení: II
č. ONU (IMDG): 1993
předpis: etiketa: hořlavá kapalina/3

IATA třída: 3
skupina balení: II

Pietro Fiorentini s.p.a.

Via Armenia 16 33078 S.Vito al Tagliamento (PN) Italy Tel: +390434/85033 – Fax: +390434/85453

PRODUCT: **CAPTAN 21** Version: 130405 Page 7/7

předpis: č. ONU (IATA): 1993
etiketa: hořlavá kapalina/3

15 - INFORMACE O NAŘÍZENÍCH

Nařízení CEE

List bezpečnostních údajů: D.91/155/EEC: Nebezpečné výrobky a směsi
Revize: D93/112/EEC
Třídění CEE/Etikety D.67/548/EU upravené D.93/72/EU (19,APT)

nebezpečných látek: F - silně zápalný
Xn - škodlivý
R 11 - silně zápalný
R20/21/22 - škodlivý při vdechování, požití a při styku s pokožkou
R36/38 - dráždící oči a pokožku
S16 - zabránit veškerému styku s ohněm, nekouřit
S23 - nedýchat výpary
S36/37 - nosit vhodný ochranný oděv a rukavice
Č. přílohy 613-087-00-0
Č. CEE (EINECS) 203-728-9
Seznam TSCA: v seznamu

16 - JINÉ INFORMACE

Doporučené použití: odorant do plynu

Všechny informace se týkají výrobku jako takového a jsou shodné s technickými specifikacemi Pietro Fiorentini s.p.a. Informace obsažené v tomto listě se zakládají na našich zkušenostech s výrobkem ke dni vystavení tohoto dokumentu. Uživatelé jsou seznámeni s možným nebezpečím při jiném použití než jak výše uvedeno. Je zodpovědností osoby, která dostane výrobek, aby se řídila oficiálními předpisy týkající se použití, skladování a manipulace s výrobkem.

KONEC DOKUMENTU:

počet stran: 7

Pietro Fiorentini s.p.a.