

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 306 061

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

*C10L 3/06* (2006.01)  
*B01D 53/34* (2006.01)  
*B01D 53/26* (2006.01)  
*B01D 53/02* (2006.01)  
*B01D 53/52* (2006.01)  
*B01D 53/62* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010-342**  
(22) Přihlášeno: **03.05.2010**  
(40) Zveřejněno: **16.11.2011**  
**(Věstník č. 46/2011)**  
(47) Uděleno: **08.06.2016**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **20.07.2016**  
**(Věstník č. 29/2016)**

(56) Relevantní dokumenty:  
(Výroba a využití biometanu; Jiřina Čermáková, Daniel Tenkrát, Ondřej Prokeš; APROCHEM 2008, Odpadové fórum 2008, 14. až 16.4.2008, Milovy; [http://www.petroleum.cz/upload/aprochem2008\\_ap\\_08.pdf](http://www.petroleum.cz/upload/aprochem2008_ap_08.pdf)) 2008.  
WO 2008127602 A2; WO 2009101669 A1; EP 1754695 A1; US 2008134754 A1; EP 1953130 A1.

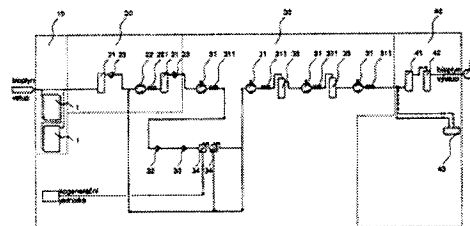
(73) Majitel patentu:  
Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha  
6, CZ  
Ing. Jaroslav Koudřa, Praha 5, CZ  
Ing. Zorka Hruboňová, Praha 5, CZ  
Petr Havelka, Sloup, CZ  
Ivan Moudrý, Boskovice, CZ

(72) Původce:  
Ing. Jaroslav Koudřa, Praha 5, CZ  
Ing. Zorka Hruboňová, Praha 5, CZ  
Petr Havelka, Sloup, CZ  
Ivan Moudrý, Boskovice, CZ  
Ing. Jaroslav Kára, CSc., Praha 10, CZ

(74) Zástupce:  
Ing. Jiří Walter, Počernická 54, 108 00 Praha 10

(54) Název vynálezu:  
**Zařízení pro úpravu bioplynu na palivo  
typu zemního plynu**

(57) Anotace:  
Zařízení pro úpravu bioplynu na palivo typu zemního plynu, obsahující vstupní jednotku, s povahou odsířovací sekce, upravené pro odsířování na zbytkovou koncentraci  $\text{H}_2\text{S}$  2 až  $7 \text{ mg/m}^3$  bioplynu a dále oddělovací jednotku s odvodňovací sekcí, upravenou pro odstraňování vlhkosti až na zbytkovou koncentraci nejvýše  $32 \text{ mg H}_2\text{O/m}^3$  a se separační sekcí, upravenou pro vysokotlaké odlučování  $\text{CO}_2$  ve více tlakových stupních s výstupními tlaky od 0,5 do 14,8 MPa, upravený pro dosažení podílu  $\text{CH}_4$  alespoň 95 % objemových a pro dosažení nejvýše 2 % objemových  $\text{CO}_2$  a  $0 \text{ mg N}_2(\text{NH}_3)/\text{kg}$ , kde podstata spočívá v tom, že vstupní jednotka (10), s povahou odsířovací sekce, je vytvořena jako chemická odlučovací kolona a/nebo jako propirací kolona, s alespoň jedním adsorbérem (1) s náplní, jejíž reakční složkou je hydratovaný oxid železitý, upravená pro průchod bioplynu. Je opatřena přidavným přívodem (11) vzduchu pro regeneraci náplně a odkalovacím vývodem (12) pro



kondenzát a dále je v oddělovací jednotce obsažená odvodňovací sekce (20), vytvořena jako odvlhčovací kolona, a za ní je zařazená separační sekce (30), vytvořena jako vysokotlaký separátor  $\text{CO}_2$  s vysokotlakým odlučováním  $\text{CO}_2$  a navýšením podílu objemu  $\text{CH}_4$ . Zařízení výhodně obsahuje ještě za oddělovací jednotku zařazené skladovací a plnicí zařízení (50) pro plnění přepravních tlakových nádob nebo tlakových nádrží vozidel nebo regulační stanici pro distribuci k využití bioplynu jako paliva o kvalitě zemního plynu. Současně je výhodné, jestliže za vysokotlakým separátorem je ještě zařazeno dočišťování vytvořené jako dočišťovací sekce (40).

CZ 306061 B6

## Zařízení pro úpravu bioplynu na palivo typu zemního plynu

### Oblast techniky

5

Vynález se týká zařízení pro úpravu bioplynu, spočívající především v odloučení  $\text{CO}_2$  za současného navyšování objemu  $\text{CH}_4$  tlakováním a dále pak v odstraňování  $\text{H}_2\text{S}$ , vlhkosti ( $\text{H}_2\text{O}$ ) a  $\text{N}_2$  ( $\text{NH}_3$ ), a to pro použití jako paliva, včetně paliva motorového.

10

### Dosavadní stav techniky

V současnosti jsou známa zařízení pro úpravu bioplynu na plyn s vlastnostmi srovnatelnými se zemním plynem, kde taková zařízení obsahují především sekce separace plynů, pro oddělení zejména  $\text{CO}_2$ , a to na principu vypírání plynů ve vodě nebo i v jiných kapalinách, a to za nízkého, nebo i za vysokého, resp. střídavého tlaku, přičemž se využívá různých adsorpčních a absorpčních schopností a vlastností těchto kapalin. Další možností je adsorpce  $\text{CO}_2$  na tuhém adsorbentu s užitím střídavého tlaku. Právě modifikací tlaků a teplot lze ještě významně zvyšovat naznačenou efektivnost jímavých kapalin i případně užitého aktivního uhlí. Existují i zařízení na základě separace složek bioplynu pomocí molekulárního síta. Taková separace sice umožňuje získat plyn s převládajícím podílem metanu a s ostatními vlastnostmi, které jsou také v podstatě vyhovující, ale zařízení, pracující na popsaném principu, jsou výrobně i provozně značně nákladná. Dále pak je třeba, pro použití takto získaného paliva jako paliva motorového, v návaznosti na popsanou separační stanici instalovat ještě stanicí plnicí, a to typu plnicí stanice CNG, čímž se zařízení stává ještě nákladnějším a také energeticky náročnějším, neboť významný podíl na nutném energetickém příkonu celého procesu má jak výroba biometanu na adsorpčním a/nebo absorpčním principu, tak i stlačování biometanu pro plnění nádrží, především ve vozidlech. Vedle již uvedených nevýhod je hlavní nevýhodou dosavadních známých a zde popsaných zařízení i jejich vysoká investiční náročnost, která má v současnosti za následek ekonomicky přijatelnou realizovatelnost pouze u zařízení s výrobní kapacitou alespoň  $500 \text{ m}^3$  surového bioplynu za hodinu, tedy cca  $4000 \text{ tis. m}^3/\text{rok}$ .

### Podstata vynálezu

35

Uvedené nevýhody se řeší v podstatné míře zařízením pro úpravu bioplynu na palivo typu zemního plynu, obsahujícím vstupní jednotku, s povahou odsiřovací sekce, upravené pro odsiřování na zbytkovou koncentraci  $\text{H}_2\text{S}$  2 až  $7 \text{ mg/m}^3$  bioplynu a dále oddělovací jednotku s odvodňovací sekcí, upravenou pro odstraňování vlhkosti až na zbytkovou koncentraci nejvýše  $32 \text{ mg H}_2\text{O/m}^3$  a se separační sekcí, upravenou pro vysokotlaké odlučování  $\text{CO}_2$  ve více tlakových stupních s výstupními tlaky od 0,5 do 14,8 MPa, upravený pro dosažení podílu  $\text{CH}_4$  alespoň 95% objemových a pro dosažení nejvýše 2 % objemových  $\text{CO}_2$  a  $0 \text{ mg N}_2$  ( $\text{NH}_3$ )/kg, kde podstata spočívá v tom, že vstupní jednotka, s povahou odsiřovací sekce, je vytvořena jako chemická odlučovací kolona a/nebo jako propírací kolona, s alespoň jedním adsorbérem s náplní, jejíž reakční složkou je hydratovaný oxid železitý, upravená pro průchod bioplynu a opatřená přídatným přívodem vzduchu pro regeneraci náplně a odkalovacím vývodem pro kondenzát, a dále v oddělovací jednotce obsažená odvodňovací sekce je vytvořena jako odvlhčovací kolona, a za ní zařazená separační sekce je vytvořena jako vysokotlaký separátor  $\text{CO}_2$  s vysokotlakým odlučováním  $\text{CO}_2$  a navýšením podílu objemu  $\text{CH}_4$ . S výhodou za oddělovací jednotku je zařazeno skladovací a plnicí zařízení pro plnění přepravních tlakových nádob nebo tlakových nádrží vozidel nebo regulační stanice pro distribuci k využití bioplynu jako paliva o kvalitě zemního plynu. Výhodou je dále, jestliže vysokotlaký separátor  $\text{CO}_2$  je vytvořen jako soustava vysokotlakého vícestupňového kompresoru, kde mezi jednotlivými stupni je vždy zařazen odlučovač zkapalněné složky na bázi  $\text{CO}_2$  a výstup z posledního stupně vysokotlakého kompresoru je propojen s plnicím zařízením pro plnění přepravních tlakových nádob nebo tlakových nádrží vozidel, kde před toto propojení je,

55

v rámci oddělovací jednotky, vložena ještě dočišťovací sekce vyrobeného biometanu. Výhodné je také, jestliže odlučovač zkapalněné složky na bázi CO<sub>2</sub> obsahuje jemný mechanický filtr, uhlíkový filtr a alespoň jeden membránový separátor. S výhodou plynový výstup alespoň jednoho membránového separátoru je propojen zpět do odvlhčovací sekce a/nebo některého z nižších stupňů kompresoru. Dočišťovací sekce je s výhodou vytvořena jako soustava odlučovacích kolon, a to jako soustava alespoň jedné kolony závěrečného odvlhčení s náplní CaCl<sub>2</sub> a alespoň jedné kolony závěrečného dočištění CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>), s náplní zeolitu. S výhodou potom je odvodňovací sekce tvořena alespoň dvěma separačními kolonami s náplní CaCl<sub>2</sub> a s jemným mechanickým filtrem, umístěnými před vstup a za výstup šroubového kompresoru s výstupním tlakem 0,5 až 1 MPa. Alternativně je odvodňovací sekce vytvořena jako odvlhčovací kolona, obsahující za sebou zapojenou alespoň jednu komoru ohřevu, upravenou pro ohřev zpracovávaného bioplynu, a alespoň jednu komoru chlazení, opatřenou chladicím okruhem a odkalovacím vývodem pro odvod kondenzované vody. Přitom hlavní vícestupňový kompresor pak má pracovní tlaky 0,5 až do 14,8 MPa, jak je patrné již ze základního provedení, shora popsaneho.

Takto se dosáhne vytvoření zařízení pro úpravu bioplynu na plyn, použitelný především jako motorové palivo, přičemž toto zařízení je investičně i provozně nenáročné, a to především v oblasti relativně nízkých objemů zpracovávaného bioplynu.

20

### Objasnění výkresů

Vynález je dále podrobněji popsán a vysvětlen na příkladném provedení, též s pomocí příložených výkresů, kde na obr. 1 je patrné schéma celého zařízení v příkladném provedení, na obr. 2 je detail zapojení odsiřovací sekce s úpravou pro přepínání průtoku, na obr. 3 je v axonometrii příklad praktického vytvoření konstrukce oddělovací jednotky, načež ještě na obr. 4 je patrná tatáž oddělovací jednotka, tentokrát v půdoryse.

### Příklady uskutečnění vynálezu

Zařízení v příkladném provedení je vytvořeno jako stanice pro úpravu bioplynu na plyn s kvalitou zemního plynu, označovaný též jako biometan, kde výstupem je plnicí stanice tlakových nádob u soustav pro pohon vozidla se systémem na CNG a regulační stanice pro využití plynu jako paliva o kvalitě zemního plynu. Dále je uváděn podrobný popis příkladného provedení tohoto zařízení.

– Vzorové řešení zařízení na úpravu bioplynu o výkonu 45 m<sup>3</sup>/h

#### 40 Funkce zařízení

Zařízení řeší úpravu bioplynu na kvalitu motorového paliva pro zážehové motory a zabezpečuje další doplňkové funkce jako:

- 45 – skladování vyčištěného bioplynu,
- plnění bioplynu do motorových vozidel,
- regulování tlaku bioplynu pro jeho využití jako paliva v kvalitě zemního plynu.

#### Užitné vlastnosti zařízení

50

Bioplyn vyráběný na tomto zařízení, tedy bioplynové stanici, dále též jen BPS, obsahuje méně O<sub>2</sub>, než vyžaduje jeho uplatnění jako motorové palivo pro zážehové motory. Proto se provádí pouze úprava parametrů CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, vodní páry (H<sub>2</sub>O) a N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>).

Orientační parametry, na které je zařízení navrženo

Výkonnost 45 m<sup>3</sup> bioplynu/h\*

5 Provozní doba 24 hod/den  
360 dnů/rok  
8640 hod/rok

Kapacita

10 – bioplyn před zpracováním 388 800 m<sup>3</sup>/rok, 45 m<sup>3</sup>/h\*  
– bioplyn po zpracování 233 280 m<sup>3</sup>/rok, 27 m<sup>3</sup>/h\*.

15 Poznámka: \* Kapacita zařízení je udávána v objemu bioplynu při tlaku 0,01 MPa tak, jak je přiváděn z reaktoru BPS.

Užitné vlastnosti zařízení

Hodnoty upraveného bioplynu:

20 CH<sub>4</sub> min. 95 % objemu  
CO<sub>2</sub> 2 % objemu  
H<sub>2</sub>S 2 až 3 mg/m<sup>3</sup>  
H<sub>2</sub>O 32 mg/m<sup>3</sup>  
25 N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) cca 0 %.

– Seznam provozních souborů, resp. jednotek a sekcí, a jejich strojů a zařízení, včetně hlavních parametrů:

30 Výkony dílčích zařízení jsou udávány v objemech bioplynu při tlaku 0,01 MPa.

– Vstupní jednotka 10, vytvořená jako odsiřovací sekce se dvěma adsorbéry 1, opatřená přídatným přívodem 11 vzduchu pro regeneraci náplně a odkalovacím vývodem 12 pro odvod případného kondenzátu.

35 Princip: adsorbér pracuje na bázi chemisorpce sulfanu na hydratovaném oxidu železitém a vykazuje příkladně tyto parametry:

kapacita 40 až 50 m<sup>3</sup>/h (max. 65 m<sup>3</sup>/h)  
40 provozní tlak 0,01 MPa

parametry bioplynu:

H<sub>2</sub>S na vstupu 1390 (3500) mg/m<sup>3</sup> bioplynu  
45 H<sub>2</sub>S na výstupu max. 2 až 3 mg/m<sup>3</sup> bioplynu  
teplota na vstupu 40 °C

teplota na výstupu

v létě 25 až 35 °C  
50 v zimě 15 °C.

Oddělovací jednotka obsahuje odvodňovací sekci 20, pracující na bázi adsorpce  $H_2O$  v náplni krystalického  $CaCl_2$ , a dále pak separační sekci 30 a dočišťovací sekci 40.

5 vstupní parametry bioplynu:

tlak	0,01 MPa
$H_2S$ na vstupu	max. 2 až 3 $mg/m^3$ bioplynu
vlhkost	7 (max. 10) % objemu
množství $CH_4$	55 (min. 40) % objemu
10 množství $CO_2$	33 (max. 55) % objemu

teplota na vstupu

v létě	25 až 35 °C
v zimě	15°C.

15

Komponenty zařízení odvodňovací sekce 20:

20 Separální kolona 21 odvlhčení s náplní  $CaCl_2$  a výměnným mechanickým filtrem 23 o propustnosti 0,01  $\mu$ .

výkon	40 až 50 $m^3/h$
provozní tlak	0,01 MPa
náplň	100 kg krystalického $CaCl_2$ , výměna náplně doporučena po 4 měsících provozu.

25

Šroubový kompresor 22 s tepelným výměníkem 221 a dalším obvyklým příslušenstvím:

výkon	40 až 50 $m^3/h$
vstupní tlak	0,01 MPa
30 výstupní tlak	0,8 MPa (max. jištění).

Separální kolona 21 odvlhčení s náplní  $CaCl_2$  a výměnným mechanickým filtrem o propustnosti 0,01  $\mu$ , zařazená jako další, ještě za šroubovým kompresorem 22:

35 výkon	40 až 50 $m^3/h$
provozní tlak	0,8 MPa
náplň	100 kg $CaCl_2$ , výměna náplně po 4 měsících provozu.

Výstupní parametry bioplynu:

40 tlak	0,8 MPa
$H_2S$	max. 2 až 3 $mg/m^3$ bioplynu
vlhkost ( $H_2O$ )	max. 34 $mg/m^3$ bioplynu
množství $CH_4$	55 (min. 40) % objemu
množství $CO_2$	33 (max. 55) % objemu

45

teplota

v létě	35 až 45 °C
v zimě	25 °C.

Separáční sekce 30, jako zařízení, zvyšující objem CH<sub>4</sub> a odstraňující CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>).

Princip: převážné množství CO<sub>2</sub> se odstraňuje tlakováním, N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) a zbytky CO<sub>2</sub> separací.

5 Vstupní parametry bioplynu:

tlak	0,8 MPa
H <sub>2</sub> S	max. 2 až 3 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
Vlhkost (H <sub>2</sub> O)	max. 34 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
množství CH <sub>4</sub>	55 (min. 40) % objemu
10 množství CO <sub>2</sub>	33 (max. 55) % objemu
množství N <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> )	0,85 (max. 1,8) % objemu

teplota

v létě 35 až 45 °C

15 v zimě 25 °C.

Komponenty zařízení – separáční sekce 30.

20 Vysokotlaký pístový kompresor 31 čtyřstupňový tlakového oddělování CO<sub>2</sub> s tepelným výměníkem 311 za každým stupněm z uvedených čtyř stupňů a s dalším obvyklým příslušenstvím:

výkon	40 až 50 m <sup>3</sup> /h
vstupní tlak	0,8 MPa
tlak – 1. stupeň	2 MPa, 40 až 50 m <sup>3</sup> /h
25 tlak – 2. stupeň	3 MPa, 29 m <sup>3</sup> /h
tlak – 3. stupeň	10,4 MPa, 29 m <sup>3</sup> /h
výstupní tlak	25,0 MPa, 27 až 29 m <sup>3</sup> /h

30 Mechanický filtr 32 o propustnosti 0,01 μ, osazený za 1. stupněm tlakování.

výkon	40 až 50 m <sup>3</sup> /h
provozní tlak	2 MPa
počet	1 ks.

35 Uhlíkový filtr 33, osazený za 1. stupněm tlakování:

výkon	40 až 50 m <sup>3</sup> /h
provozní tlak	20 MPa.

40 Membránový separátor 34 na oddělování CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>), osazený za 1. stupněm tlakování:

výkon	40 až 50 m <sup>3</sup> /h
provozní tlak	20 MPa
počet	2 ks, od prvního separátoru <u>34</u> odbočení v podstatě surového bioplynu též
45	směrem ke kogenerační jednotce se spalovacím motorem.

Separátor 35 CO<sub>2</sub> s výměnným mechanickým filtrem, osazený za 2. a 3. stupněm tlakování:

	výkon	29 m <sup>3</sup> /h
5	provozní tlak za 1. stupněm	3 MPa
	za 2. stupněm	10,4 MPa
	počet	2 ks.

Výstupní parametry bioplynu:

10	tlak	25,0 MPa
	H <sub>2</sub> S	max. 2 + 3 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	vlhkost (H <sub>2</sub> O)	max. 34 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	množství CH <sub>4</sub>	min. 95 % objemu
15	množství CO <sub>2</sub>	2,15% objemu
	množství N <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> )	0,05 (max. 0,1) % objemu
	teplota	
	v létě	35 až 45 °C
20	v zimě	25 °C.

– Dočišťovací sekce 40 pro závěrečné dočištění a další doplňková zařízení.

Princip: Zařízení pracuje na bázi adsorpce zbytků H<sub>2</sub>O v náplni krystalického CaCl<sub>2</sub> zbytků CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>) v náplni zeolitu.

Vstupní parametry bioplynu:

	tlak	25,0 MPa
30	H <sub>2</sub> S	max. 2 až 3 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	vlhkost (H <sub>2</sub> O)	max. 34 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	množství CH <sub>4</sub>	min. 95 % objemu
	množství CO <sub>2</sub>	2,15 % objemu
	množství N <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> )	0,05 (max. 0,1) % objemu
35	teplota	
	v létě	35 až 45 °C
	v zimě	25 °C.

40 Separátor 41 závěrečného odvlhčení s náplní CaCl<sub>2</sub>:

	výkon	27 až 29 m <sup>3</sup> /hod
	vstupní tlak	25,0 MPa
	výstupní tlak	24,3 MPa
45	provozní teplota	5 až 10 °C
	počet	1 ks.

Separátor 42 závěrečného dočištění CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>) s náplní zeolitu:

	výkon	27 až 29 m <sup>3</sup> /hod
5	vstupní tlak	24,3 MPa
	výstupní tlak	23,5 MPa
	provozní teplota	5 až 10 °C
	počet	1 ks.

10 Chladič 43 bioplynu – freonová chladicí jednotka s příslušenstvím:

	výkon	27 až 29 m <sup>3</sup> bioplynu/h
	tlak bioplynu	25,0 MPa
15	teplota bioplynu	
	vstupní	max. 45 °C
	výstupní	5 až 10 °C.

20 Pro zabezpečení praktického provozu je použito ještě pneumatické ovládání ventilů, zde neznámé, a to s parametry a příslušenstvím:

kompresor stlačeného vzduchu 0,6 až 0,8 MPa,  
trubní rozvody stlačeného vzduchu s příslušenstvím.

25 Pro měření kvality bioplynu je použito plynového analyzátoru, přičemž při zkušebním provozu se provádělo orientační měření pomocí zařízení pro odběr bioplynu z jednotlivých fází jeho úpravy pro laboratorní ověřování kvality.

Zjištěné výstupní parametry bioplynu:

30	tlak	23,5 MPa
	H <sub>2</sub> S	max. 2 až 3 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	Vlhkost (H <sub>2</sub> O)	max. 32 mg/m <sup>3</sup> bioplynu
	množství CH <sub>4</sub>	min. 95 % objemu
35	množství CO <sub>2</sub>	2 % objemu
	množství N <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> )	0 % objemu
	teplota	5 až 10 °C.

– Skladovací a distribuční zařízení 50 upraveného bioplynu.

40 – VTL zásobník plynu:

8 bloků á 10 lahví, z toho:

45	1 blok	
	kapacita	920 l
	provozní tlak	23,5 MPa
	počet	1 ks.



7 bloků:

	kapacita	6440 l
	provozní tlak	20,0 MPa
5	počet	1 ks

– Regulační stanice:

	kapacita	max. 50 m <sup>3</sup> /h
10	vstupní tlak	20,0 MPa
	výstupní tlak	0,4 MPa
	počet	1 ks.

– Plnění upraveného bioplynu do motorových vozidel:

15

Výdejní stojan:

	mechanický plnicí set s koncovkou NGV–1
	typ SEKO
20	provozní tlak 20,0 MPa
	počet 1 ks.

Popis detailů a funkce zařízení podle vynálezu:

25 Úprava bioplynu na kvalitu motorového paliva pro zážehové motory probíhá ve třech návazných fázích odstraňováním:

- sloučenin síry,
- vlhkosti,
- 30 – CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>.

35 Odstraňování sloučenin síry, tedy odsiřování v odsiřovací sekci ve vstupní jednotce 10, je řešeno pomocí adsorbéru 1, který pracuje na bázi chemisorpce sulfanu na hydratovaném oxidu železitém. Zbytková koncentrace H<sub>2</sub>S při výstupu ze zařízení nepřesáhne 2 až 3 mg/m<sup>3</sup>. Výměna odsiřovací hmoty se provede v okamžiku zvýšení zbytkové koncentrace H<sub>2</sub>S na 7 mg/m<sup>3</sup>. Toto u tohoto zařízení, s ohledem na vstupní koncentraci H<sub>2</sub>S měnící se v průběhu času, lze předpokládat po 3 až 5 letech provozu.

40 Nádoba adsorbéru 1 má objem 6 m<sup>3</sup>, je pravouhlá s horizontálním průřezem cca 4 m<sup>2</sup> a výškou 1,5 m. Výška vrstvy odsiřovací hmoty v adsorbéru 1 je cca 1 m. Potřebný objem odsiřovací hmoty je 4 m<sup>3</sup>. Odsiřovací hmota je v nádobě uložena ve vyjímatelném koši opatřeném plastovou sítí. Výška usazení nad dnem nádoby je zvolena tak, aby bioplyn vstupoval do nádoby pod košem. Nad vrstvou odsiřovací hmoty je do nádoby zaústěno hrdlo pro výstup bioplynu. Celková výška nádoby adsorbéru 1 proto je cca 1,5 m. Shora je nádoba plynotěsně uzavřena víkem. Ve dně nádoby je instalováno odkalovací zařízení s odkalovacím vývodem 12 případně vzniklého kondenzátu. Nádoba adsorbéru 1 je uložena na podstavci výšky 0,5 m.

50 U zařízení vyššího výkonu, a to až do 500 m<sup>3</sup> čištěného bioplynu/h, se uplatňuje použití odsiřovacího zařízení sestávajícího z dvojice v sérii zařazených adsorbéru 1. Když se koncentrace sulfanu ve vyčištěném bioplynu zvýší nad 7 mg H<sub>2</sub>S/m<sup>3</sup>, odstaví se v sérii první adsorbér 1. V něm se nahradí upotřebená odsiřovací hmota čerstvou. Po výměně odsiřovací hmoty se připojí zařízení

5 tak, že původně druhý adsorbér 1 je pak v sérii první a původně první, nyní s čerstvou odsiřovací hmotou, je v sérii druhý. Zapojení zařízení umožňuje i provoz jednoho a paralelní regeneraci druhého odstaveného adsorbéru 1, a to regenerací průchodem vzduchu, přiváděným přídatným proudem 11. Schéma zapojení dvojice adsorbéru 1, s možností přepínání na sériový nebo i paralelní provoz, je na obr. 2.

Výkony základní jednotky adsorbéru 1 při koncentraci  $H_2S$   $1500 \text{ mg/m}^3$  bioplynu:

- při výšce náplně 1 m .....  $116 \text{ m}^3/\text{h}$
- 10 – při výšce náplně 1,5 m .....  $175 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Cyklus výměny odsiřovací hmoty 9 až 10 měsíců.

Další možné sestavy:

- 15 – 2 základní jednotky zapojené paralelně
  - výkon  $232 (350) \text{ m}^3/\text{h}$
- 3 základní jednotky zapojené paralelně
  - výkon  $348 (525) \text{ m}^3/\text{h}$ .

20 Zvyšování objemu  $CH_4$  a odstraňování vlhkosti ( $H_2O$ ),  $CO_2$  a  $N_2(NH_3)$  je řešeno v rámci sdruženého zařízení kontejnerového provedení s umístěním strojů a dílčích zařízení na ocelovém nosném a fixačním rámu o půdorysné velikosti  $4130 \times 2300 \text{ mm}$ .

25 Odstraňování vlhkosti je řešeno v rámci průchodu odsiřovaného bioplynu adsorpční hmotou ve dvou separačních kolonách doplněných mechanickými filtry 32 o propustnosti  $0,01 \mu$ . V první pod tlakem  $0,01 \text{ MPa}$ , ve druhé  $0,8 \text{ MPa}$ . Náplň každé kolony 21 je  $100 \text{ kg}$  krystalického  $CaCl_2$ , výměna se plánuje vždy po čtyřech měsících. Mezi obě kolony 21 je vložen šroubový kompresor 22 tlakující bioplyn na  $0,8 \text{ MPa}$ .

30 Převážné množství  $CO_2$  je odstraňováno v rámci tlakování odsiřovaného a odvlhčeného bioplynu pístovým čtyřstupňovým mechanickým kompresorem 31, kde odchází postupně po jednotlivých stupních tlakování:

- 35 – 1. stupeň –  $2 \text{ MPa}$
- 2. stupeň –  $3 \text{ MPa}$
- 3. stupeň –  $10,4 \text{ MPa}$
- 4. stupeň –  $25,0 \text{ MPa}$ .

40 V rámci tohoto tlakování dochází současně ke zvyšování objemu  $CH_4$ .

45 Kompresor 31 je na 1. stupni tlakování doplněn o dva mechanické filtry 32 o propustnosti  $0,01 \mu$ , o uhlíkový filtr 33 a o dva membránové separátory 34 pro oddělování  $N_2$  a  $CO_2$ . Z bioplynu se po průchodu oběma filtry v prvním separátoru oddělí  $17$  až  $25 \%$  jeho objemu, a to převážně  $CO_2$ . Tento objem je natlakován zpět do bioplynového potrubí před jeho zaústěním do kogeneračních jednotek. Ve druhém separátoru se odděluje cca  $10 \%$  jeho objemu, a to převážně  $CO_2$ . Tento objem je vrácen zpět do procesu úpravy bioplynu do fáze odvlhčování. Zbýlých  $65$  až  $73 \%$  objemu bioplynu odchází do druhého stupně tlakování.

50 Za 2. a 3. stupněm tlakování je pístový kompresor 31 opatřen separátorem 35  $CO_2$  s výměnným mechanickým filtrem, zde celkem 2 ks. Fáze odstraňování  $CO_2$  a  $N_2 (NH_3)$  je ukončena dvěma separátory závěrečného dočištění. Závěrečné odstraňování vlhkosti zajišťuje separátor 41 s náplní krystalického  $CaCl_2$ , zde 1 ks, a dočištění  $CO_2$  a  $N_2 (NH_3)$  zajišťuje separátor 42 s náplní zeolitu,

zde příkladně též 1 ks. V rámci 2. a 3. stupně tlakování je z bioplynu odstraněno 4 až 12 % jeho objemu, a to převážně CO<sub>2</sub>, v rámci následného závěrečného dočištění je z bioplynu odstraněno zbytkové množství CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) a H<sub>2</sub>O v rozsahu 1 % původního objemu bioplynu, tedy zde 45 m<sup>3</sup>. Objem upraveného bioplynu představuje 60 % původního objemu 27 m<sup>3</sup>.

5

#### Teplotní režim zařízení

Teplota bioplynu se v rámci jeho úpravy udržuje na úrovni vstupní teploty navýšené o 10 °C, tj. v zimě 25 °C, v létě 35 až 45 °C. Pro případ, že bude nutno v rámci dočištění zařadit separátor závěrečného odvlhčení, musí být před ním do zařízení zařazeno chlazení, které sníží teplotu bioplynu na 5 až 10 °C.

10

Součástí sdruženého zařízení jsou dále doplňková zařízení na chlazení bioplynu, pneumatické ovládání ventilů a měření kvality bioplynu.

15

Za energetickým zhodnocováním bioplynu v rámci tlakového odstraňování CO<sub>2</sub> je zařazeno chlazení, zde tedy chladicí zařízení 43, neboť teplota bioplynu se v rámci jeho tlakování zvyšuje až na cca 45 °C. Chladicí jednotka pracuje s chladicím médiem freon a její výkon je navržen tak, aby zchladila bioplyn z 45 na 5 až 10 °C. Veškeré ventily instalované v zařízení na potrubí bioplynu a další ovládací prvky jsou u tohoto zařízení ovládány pneumaticky. Kromě nezbytných rozvodů stlačeného vzduchu je jako zdroj navržen elektrický kompresor s výstupním tlakem 0,6 až 0,8 MPa.

20

Od pneumatického ovládání nezbytného pro extraktivní měření lze, při použití měření „in site“, kdy se měřicí sondy vkládají přímo do plynového potrubí zařízení a jsou kabelem připojeny k samostatné vyhodnocovací jednotce, tedy zpravidla analyzátoru, zcela oddělenému od měřené-  
ho média, upustit.

25

#### Průmyslová využitelnost

30

Zařízení podle vynálezu je použitelné pro úpravu bioplynu na plyn, označovaný zpravidla jako biometan, a to s úrovní složení, výhřevnosti a čistoty splňující kvalitativní požadavky na kvalitu zemního plynu pro pohon spalovacích motorů. Použití je možné i pro analogickou úpravu bioplynu pro jiné účely, kde je důležité snížení podílu CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) a určitý stupeň vyčištění, ale nejdůležitější oblastí využití je úprava bioplynu pro plyn, určený k pohonu spalovacích motorů. Kapacita zařízení v příkladném provedení může být modifikována na zpracování až 500 m<sup>3</sup> bioplynu/h, ale obecně lze vytvářet jednotky i vyšších kapacit, například i stavebnicovou metodou.

35

40

## PATENTOVÉ NÁROKY

45

1. Zařízení pro úpravu bioplynu na palivo typu zemního plynu, obsahující vstupní jednotku, s povahou odsiřovací sekce, upravené pro odsiřování na zbytkovou koncentraci H<sub>2</sub>S 2 až 7 mg/m<sup>3</sup> bioplynu a dále oddělovací jednotku s odvodňovací sekcí, upravenou pro odstraňování vlhkosti až na zbytkovou koncentraci nejvýše 32 mg H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> a se separační sekcí, upravenou pro vysokotlaké odlučování CO<sub>2</sub> ve více tlakových stupních s výstupními tlaky od 0,5 do 14,8 MPa, upravený pro dosažení podílu CH<sub>4</sub> alespoň 95 % objemových a pro dosažení nejvýše 2 % objemových CO<sub>2</sub> a 0 mg N<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>)/kg, **v y z n a č e n é t í m**, že vstupní jednotka (10), s povahou odsiřovací sekce, je vytvořena jako chemická odlučovací kolona a/nebo jako propírací kolona, s alespoň jedním adsorbérem (1) s náplní, jejíž reakční složkou je hydratovaný oxid železitý, upravená pro průchod bioplynu a opatřená přídavným přívodem (11) vzduchu pro regeneraci náplně a odkalo-

50

55

vacím vývodem (12) pro kondenzát, a dále v oddělovací jednotce obsažená odvodňovací sekce (20) je vytvořena jako odvlhčovací kolona, a za ní zařazená separační sekce (30) je vytvořena jako vysokotlaký separátor CO<sub>2</sub> s vysokotlakým odlučováním CO<sub>2</sub> a navýšením podílu objemu CH<sub>4</sub>.

5

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačené tím**, že obsahuje ještě za oddělovací jednotku zařazené skladovací a plnicí zařízení (50) pro plnění přepravních tlakových nádob nebo tlakových nádrží vozidel nebo regulační stanici pro distribuci k využití bioplynu jako paliva o kvalitě zemního plynu.

10

3. Zařízení podle některého z nároků 1 nebo 2, **vyznačené tím**, že vysokotlaký separátor CO<sub>2</sub> je vytvořen jako soustava vysokotlakého vícestupňového kompresoru (31), kde mezi jednotlivými stupni je vždy zařazen odlučovač (35) zkapalněné složky na bázi CO<sub>2</sub> a výstup z posledního stupně vysokotlakého kompresoru (31) je propojen s plnicím zařízením (50) pro plnění přepravních tlakových nádob nebo tlakových nádrží vozidel, kde před toto propojení je, v rámci oddělovací jednotky, vložena ještě dočišťovací sekce (40) vyrobeného biometanu.

15

4. Zařízení podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačené tím**, že odlučovač zkapalněné složky na bázi CO<sub>2</sub> obsahuje jemný mechanický filtr (32), uhlíkový filtr (33) a alespoň jeden membránový separátor (34).

20

5. Zařízení podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačené tím**, že plynový výstup alespoň jednoho membránového separátoru (34) je propojen zpět do odvodňovací sekce (20) a/nebo do některého z nižších stupňů kompresoru (31).

25

6. Zařízení podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačené tím**, že dočišťovací sekce (40) je vytvořena jako soustava odlučovacích kolon, a to jako soustava alespoň jedné kolony (41) závěrečného odvlhčení s náplní CaCl<sub>2</sub> a alespoň jedné kolony (42) závěrečného dočištění CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>) s náplní zeolitu.

30

7. Zařízení podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačené tím**, že odvodňovací sekce (20) je tvořena alespoň dvěma separačními kolonami (21) s náplní CaCl<sub>2</sub> a s jemným mechanickým filtrem (23), umístěnými před vstup a za výstup šroubového kompresoru (22) s výstupním tlakem 0,5 až 1 MPa.

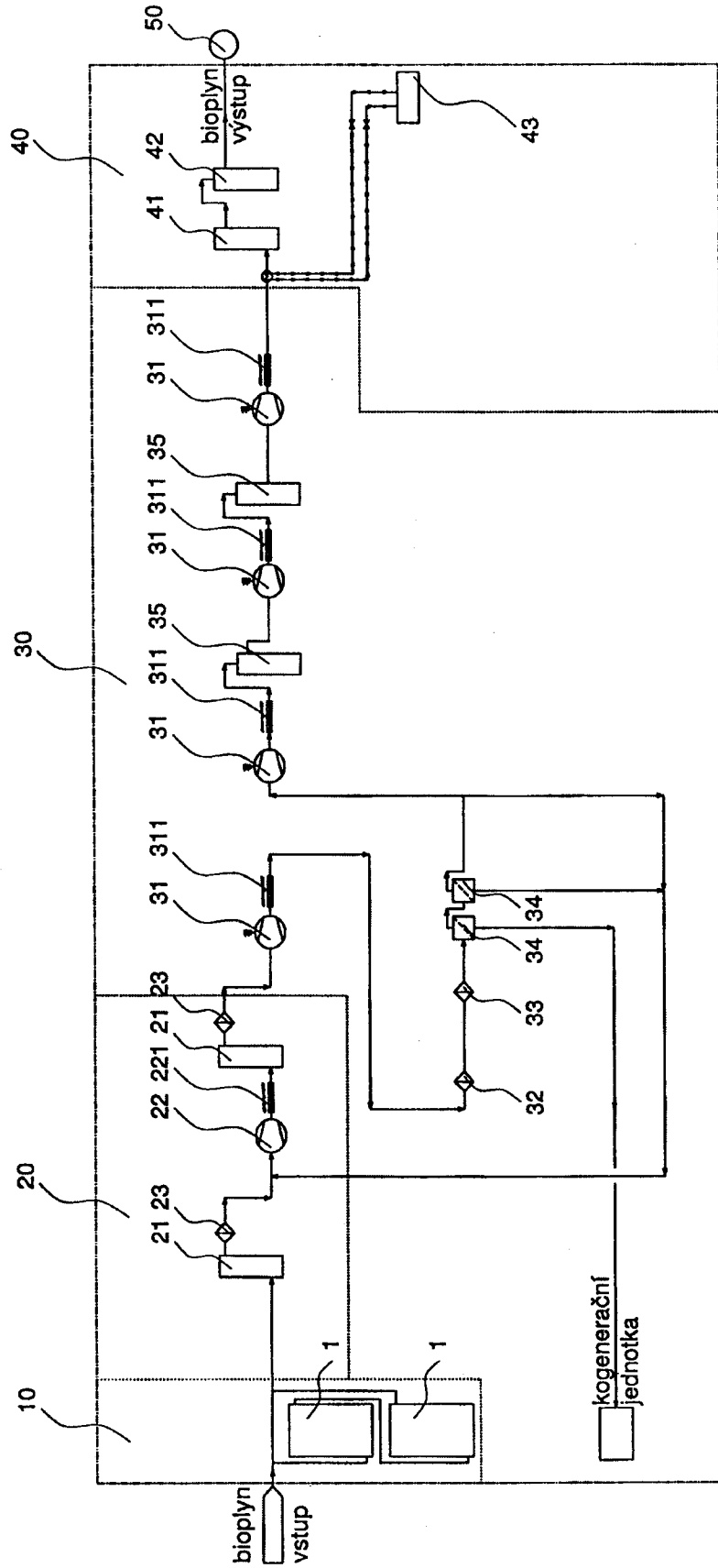
35

8. Zařízení podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačené tím**, že odvodňovací sekce (20) je vytvořena jako odvlhčovací kolona, obsahující za sebou zapojenou alespoň jednu komoru pro ohřev zpracovávaného bioplynu a alespoň jednu komoru chlazení, opatřenou chladicím okruhem a odkalovacím vývodem pro odvod kondenzované vody.

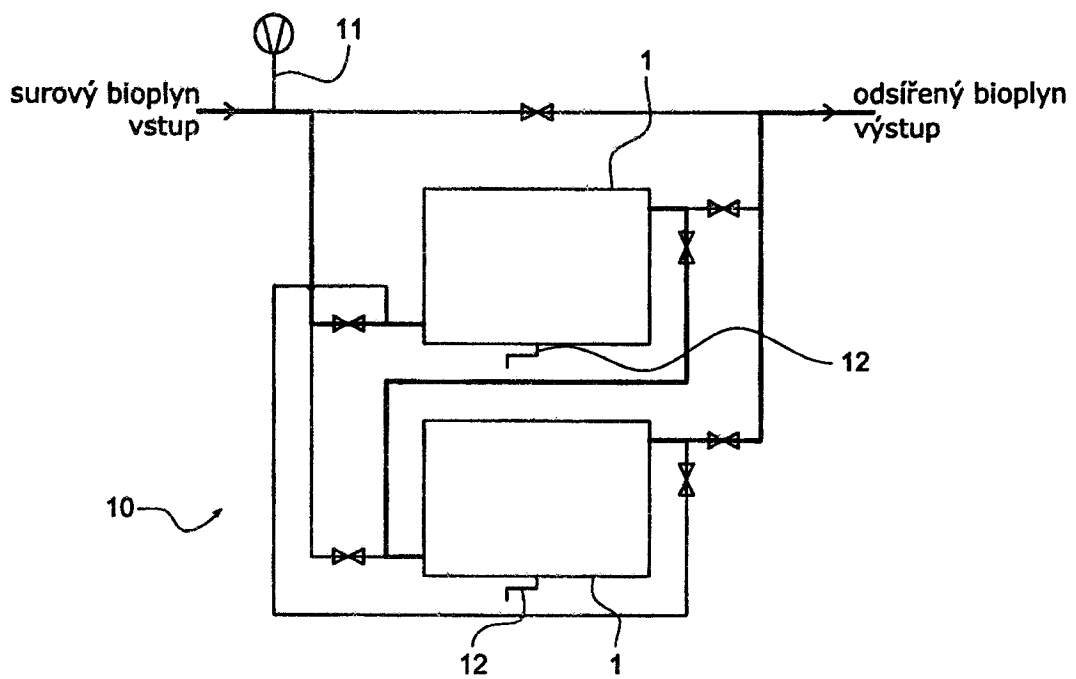
40

3 výkresy

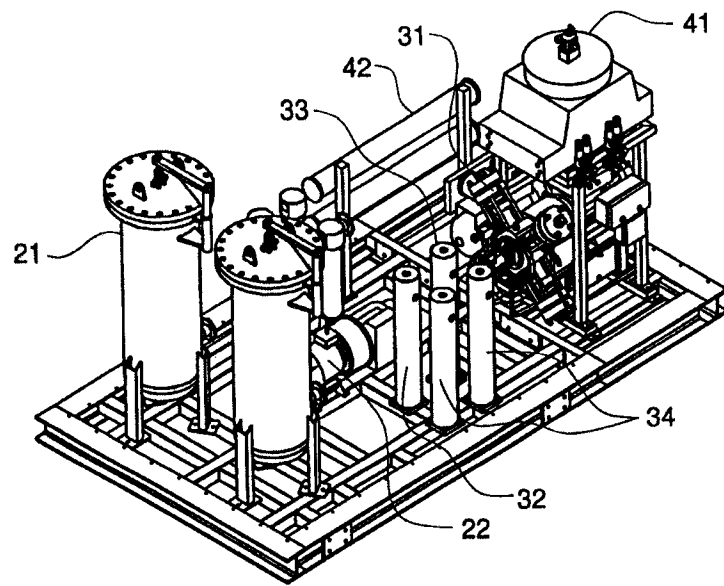
45



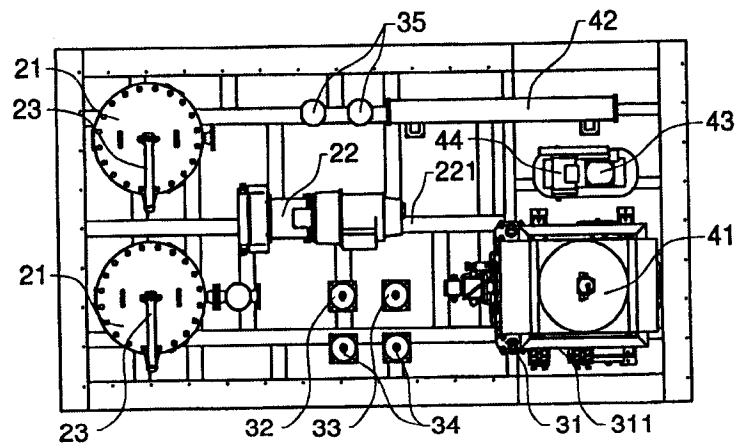
obr. 1



obr. 2



obr. 3



obr. 4

Konec dokumentu