

Popis funkčního vzorku vytvořeného v rámci řešení projektu TA03020421

Název projektu:

Technologická jednotka pro omezenou lokální výrobu biomethanu nahrazujícího fosilní paliva především v dopravě a zemědělství

Předkládá:

Název organizace: ECO trend s.r.o.

Jméno řešitele: Ing. Jan Matějka

Obsah

1. Úvod	3
2. Zadávací parametry pro návrh funkčního vzorku	3
3. Podrobný popis funkčního vzorku	4
3.1. Návrh nulté verze funkčního vzorku zařízení na čištění bioplynu	4
3.2. Návrh a parametry nízkotlaké části zařízení	5
3.3. Návrh a popis separačního modulu	12
3.4. Návrh a popis vysokotlaké části zajišťující kompresi plynu na tlak potřebný pro pohon vozidel.....	18
3.5. Zapojení zařízení na výrobu biomethanu na bioplynové stanici.....	29
4. Návrh konceptu sériově vyráběného zařízení pro výrobu biomethanu z bioplynu	30
5. Seznam použité literatury a zdrojů	31

1. Úvod

Funkční vzorek „Technologická jednotka pro výrobu biomethanu z bioplynu“ vznikl jako výsledek řešení projektu projektu TA03020421 „Technologická jednotka pro omezenou lokální výrobu biomethanu nahrazujícího fosilní paliva především v dopravě a zemědělství“, který byl řešen ve spolupráci společnosti ECO trend s.r.o. a VŠCHT Praha v letech 2013 – 2016.

2. Zadávací parametry pro návrh funkčního vzorku

V návrhu projektu byl funkční vzorek pro výrobu biomethanu z bioplynu definován jako malé zařízení, které bude schopno efektivně čistit a upravovat bioplyn na biomethan využitelný jako palivo pro pohon zemědělské, manipulační a dopravní techniky. Předpokládá se proto využití této technologie zejména na zemědělských bioplynových stanicích. Funkční vzorek by měl vycházet z technologických principů úpravy bioplynu na biomethan z hlediska možností:

- miniaturizace,
- zjednodušení a efektivity,
- ekonomiky.

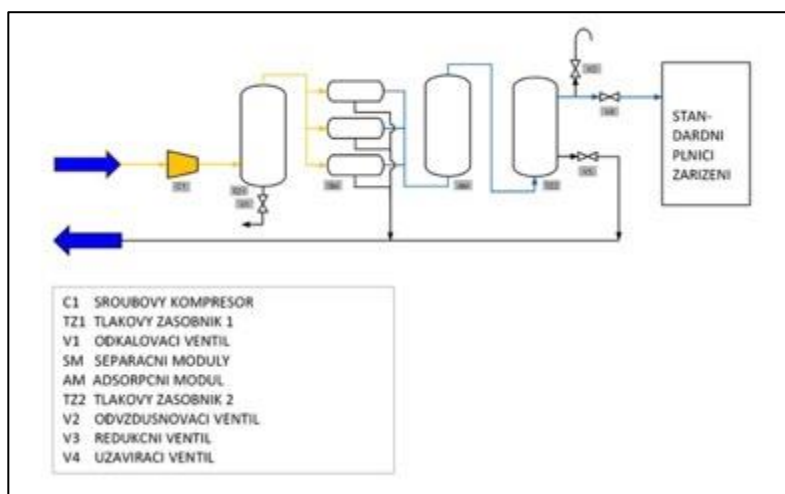
Dále bude funkční vzorek respektovat optimální míru čištění a úpravy bioplynu pro pohon zemědělské a dopravní techniky na takový obsah biomethanu, aby byla zachována přiměřená účinnost motorů, minimalizováno riziko poškození motoru, potřeba jeho údržby, spotřeba biopaliva a nutnost spotřebovávat zároveň běžné palivo (naftu). Velikost funkčního vzorku bude navržena pro zpracování 10 - 50 Nm³/h surového bioplynu, a to při snížených požadavcích na úroveň čištění plynu a odstranění balastního CO₂.

Na základě laboratorních pokusů prováděných s modelovými směsmi plynů a následně a pilotních pokusů prováděných s reálným bioplynem byla jako optimální separační technologie pro zadání vybrána technologie membránové separace, která nejlépe ze všech testovaných technologií splňovala podmínky zaádání.

3. Podrobný popis funkčního vzorku

3.1. Návrh nulté verze funkčního vzorku zařízení na čištění bioplynu

Na základě výsledků měření a požadavků na kvalitu biomethanu byl navrženo základní schéma separačního zařízení.



Dle tohoto schématu byly jednotlivé komponenty zkušebně zapojeny a vyzkoušeny v omezeném provozu v provozních podmínkách na Čistírně odpadních vod v Praze Bubenči. K soustavě kompresoru, vyrovnávací nádrže a membránových separačních modulů byl připojeno standardní plnicí zařízení - vysokotlaký kompresor o výkonu 5m³/h, který stlačoval vyrobený biometan buď do tlakové láhve, nebo přímo do nádrže CNG vozidla přes koncovku NGV1.

Shodné zapojení bylo použito i při dalších testech s bioplynem ze zemědělské bioplynové stanice Jarošovice. Na BPS Jarošovice byl bioplyn odebírán těsně před vstupem do kogenerační jednotky, tj. po snížení obsahu H₂S a vlhkosti.

Podrobné výsledky testů ukázaly, že při průtoku surového bioplynu 15 m³/h bylo možné v podmínkách ČOV Praha s 65 % obsahem CH₄ v bioplynu získat až 7,2 m³ biometanu (dosaženo maximální kapacity nízkotlakého kompresoru na tlakování do membrán, je předpoklad, že kapacita membrán je vyšší), zatímco v podmínkách BPS Jarošovice s bioplynem s obsahem CH₄ v bioplynu 55 % bylo získáno úměrně menší množství biometanu, cca 6 m³/h.

Schopnost separace membrán zůstává zachována při rozdílných obsazích methanu v bioplynu; dochází ke spolehlivé separaci CO₂, obsah CH₄ v biomethanu při daném

průtoku neklesá pod stanovenou hranici 95 % a průchodem membránami dochází také k částečné separaci vlhkosti a H₂S. Obě posledně jmenované složky se rovněž částečně separují v separátorech kompresorů a adsorbentech sloužících pro dosušení plynu (na straně vysokotlakého kompresoru na výstupu).

3.2. Návrh a parametry nízkotlaké části zařízení

Dané membrány použité k separaci CO₂ z bioplynu vyžadují tlak plynu na vstupu do zařízení na min. 3 - 10 bar, při kterém probíhá optimálně proces separace CO₂ ze surového bioplynu. Pro kompresi bioplynu na tento tlak byl vybrán vzduchový šroubový kompresor. Jeho výhodou je poměrně nízká cena a vysoký výkon a zejména vhodný výstupní tlak 6 - 8 bar. Tento kompresor musel být upraven pro provoz na bioplyn, provedeny byly následující úpravy:

- integrován filtr a odlučovač oleje pro eliminaci tuhých a kapalných nečistot vstupujících na membrány
- změněn vstupní filtr tak, aby byl plynotěsný a nedocházelo k úniku plynu do atmosféry
- změna propojení pojistných ventilů pro zamezení úniku plynu do atmosféry
- úprava konstrukce pro snadnou manipulaci a zapojení

V další fázi byl šroubový kompresor upraven tak, aby byl použitelný z hlediska prostředí s nebezpečím výbuchu. Elektrické komponenty byly vyvedeny mimo zařízení pro zajištění minimálního odstupu 0,2 m a dále byl provoz zařízení vždy zajištěn ve venkovním prostředí s eliminací možnosti vzniku výbušné směsi.

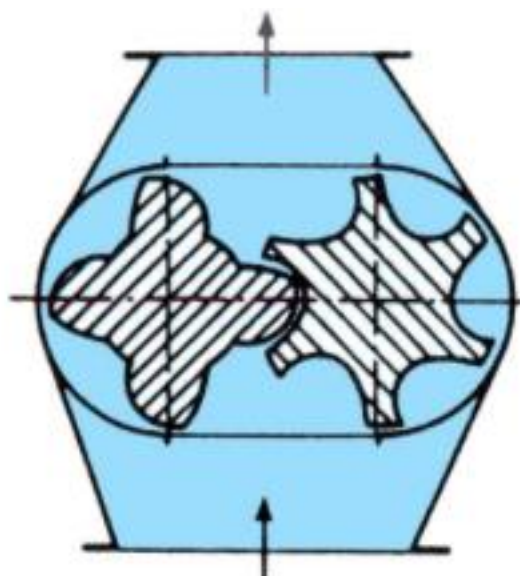
Srdcem kompresoru je šroubový blok s pohonnou hlavní šroubovicí a poháněnou vedlejší šroubovicí. Díky speciálnímu geometrickému tvaru šroubovic se při rotaci zmenšují meziprostory – zde se plyn díky geometrii šroubovic přesouvá a ke stlačení dochází až na výstupu do potrubí. Olej, který je vstřikován do šroubového bloku, má za úkol kompresor ochladit a utěsnit šroubovice při rotaci. Stlačený plyn proudí ze šroubového bloku do nádoby separátoru. Zde dochází k prvnímu odloučení oleje jeho vlastní tíhou. Následně se stlačený plyn vyčistí v odlučovacím filtru. V olejovém a plynovém chladiči se stlačený plyn ochladí na požadované hodnoty.

Výhodami šroubových kompresorů oproti pístovým kompresorům je:

- vysoká spolehlivost díky jednoduché konstrukci

- chod bez vibrací
- několikanásobně vyšší životnost
- menší celkové rozměry kompresoru

Schématické zobrazení kompresorového bloku:



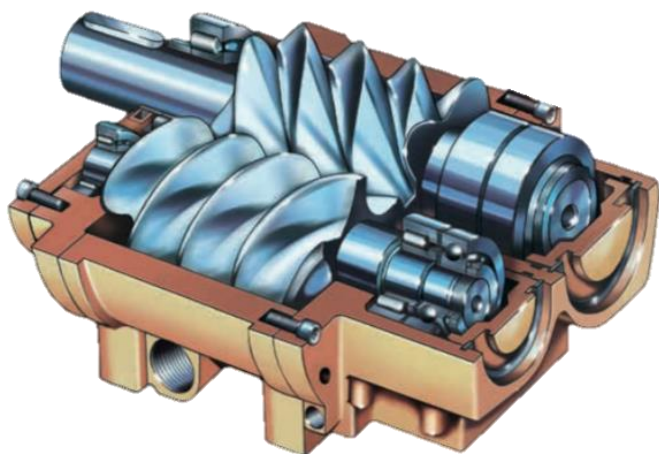
Kompresor byl vybrán z produktové řady výrobce Atmos Chrást z České republiky, z hlediska výkonu byl zvolen typ Albert E.30 bez vzdušníku.

Nízké energetické ztráty při přenosu hnací síly společně s použitím výkonného šroubového bloku vlastní výroby zajišťují u kompresorů Albert direct drive vysoký stupeň účinnosti a výkonnosti. Technologické řešení nízkootáčkového bloku jako součásti soustrojí, která patří k nejexponovanějším, zároveň přispívá k dlouhé životnosti celého stroje. Rychlost otáčení šroubového bloku je ve srovnání s ostatními kompresory dané kategorie výrazně nižší.

Kompresory Albert jsou koncipovány a navrženy tak, aby pracovaly za nízké hlučnosti i bez protihlukového krytu. Pro naši aplikaci byla zvolena otevřená verze bez kapotování.

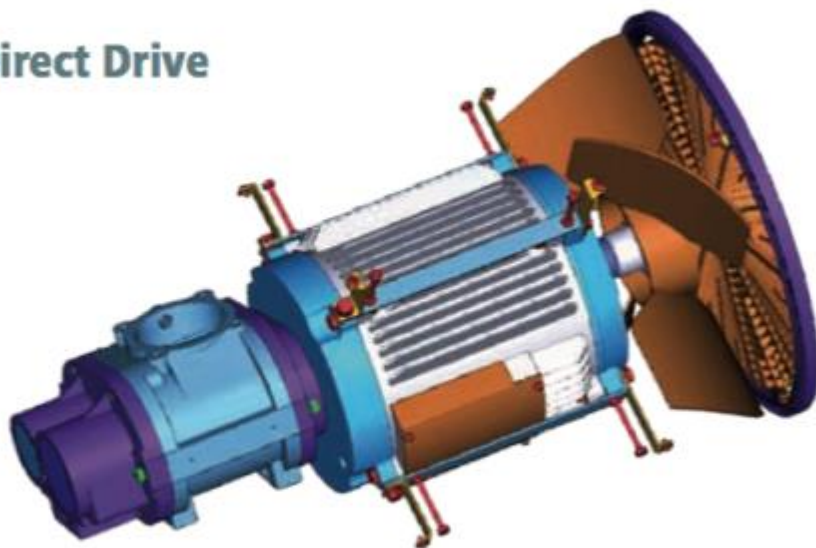
Kompresor je pružně uložen na ocelovém rámu. Jednotka nepotřebuje pro svou instalaci žádné speciální základy, pouze rovnou betonovou podlahu.

Zobrazení principu šroubového kompresoru:



Zobrazení přímého napojení elektromotoru s ventilací a šroubového bloku pro kompresi plynu.

Albert Direct Drive



T A
Č R

Program **Alfa**

Zobrazení celkového zařízení pro kompresi bioplynu plynu na tlak 6 - 8 bar:



T A
Č R

Program **Alfa**



T A
Č R

Program **Alfa**



Technické údaje zvoleného typu šroubového kompresoru:

TECHNICKÉ ÚDAJE

Provedení / Typ	E.30
pohon	Direct Drive
max. přetlak (bar)	8
výkonnost (m ³ /min)	0,4
výkon motoru (kW)	3
jmen. otáčky (1/min)	2890
hlučnost (dB [A])	68
výpustné kohouty	G 1/2" I

Pro sestavení funkčního prototypu zařízení byly klíčovými parametry hodnoty přetlaku a regulace tlaku mezi 6 - 8 bary a dále výkonnost kompresoru. Při použití vzduchu by měl kompresor dosahovat výkonu 24 m³/h, v reálných podmínkách při použití bioplynu bylo dosaženo maximálního výkonu do 12 m³/h. Pro zadání projektu byl tento výkon dostačující, po separaci CO₂ z bioplynu bylo možné získat až 7 m³ čistého biometanu.

Pro bioplyn vstupující do kompresoru byly určeny tyto základní parametry:

Požadavky na parametry bioplynu - nízkotlaká komprese	Vstup	Výstup
Tlak	0 - 0,5 bar	6 - 8 bar
Teplota	10 - 30° C	10 - 30° C
Obsah CH ₄	35 - 95 %	35 - 95 %
Obsah CO ₂	5 - 65 %	5 - 65 %
Vlhkost	do 100 % rel. při 10° C	do 100 % rel. při 10° C
Obsah H ₂ S	0 - 100 ppm	0 - 100 ppm

3.3. Návrh a popis separačního modulu

Pro separaci CO₂ z bioplynu byly na základě výsledků testů vybrány moduly UBE. Byla zhotovena konstrukce zajišťující pevné uchycení modulů a současně před moduly musela být instalována vyrovnávací tlaková nádrž na komprimovaný bioplyn o objemu 100 l, do které je plyn doplňován kompresorem vždy při poklesu tlaku pod 6 barů, při doplnění na tlak 8 barů se šroubový kompresor vypne a při poklesu tlaku pod 6 barů opět zapne.

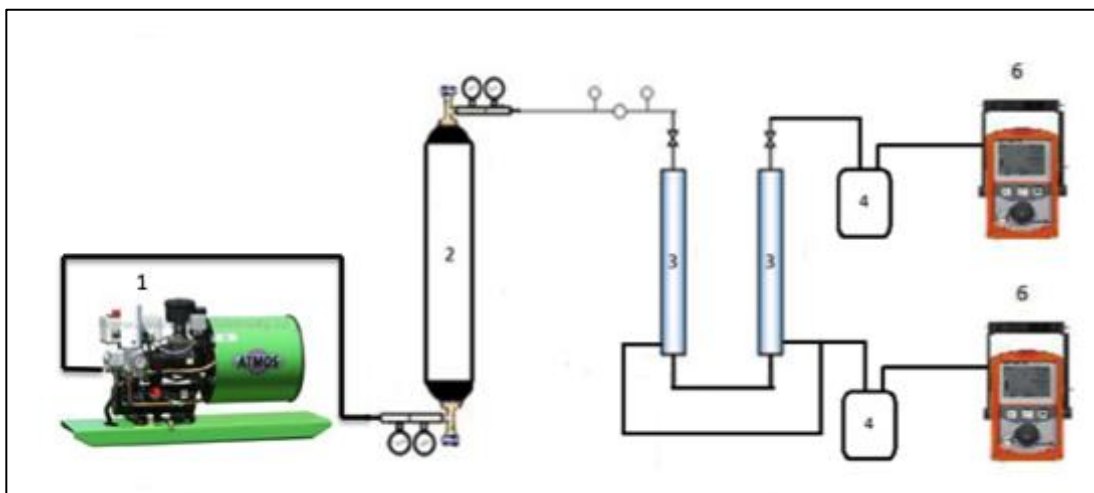


Schéma zapojení zařízení na úpravu bioplynu (s měřením), skládající se z: 1 - šroubového kompresoru, 2 - vyrovnávací tlakové nádrže, 3 - membránových modulů, 4 - plynoměrů, analyzátorů plynu Sewerin

Pro tuto část byly určeny základní požadavky na vlastnosti plynu:

Požadavky na vlastnosti bioplynu - separační modul	Vstup	Výstup
Tlak	6 - 8 bar	6 - 8 bar
Teplota	10 - 30° C	10 - 30° C
Obsah CH ₄	35 - 95 %	95 - 100 %
Obsah CO ₂	5 - 65 %	0 - 5 %
Vlhkost	do 100 % rel. při 10° C	do 1 % rel. při 10° C
Obsah H ₂ S	0 - 100 ppm	0 - 10 ppm

Fotografie zapojení zařízení:





Analyzátory složení plynu Sewerin



T A
Č R

Program **Alfa**

Zobrazení vyrovnávací nádrže:

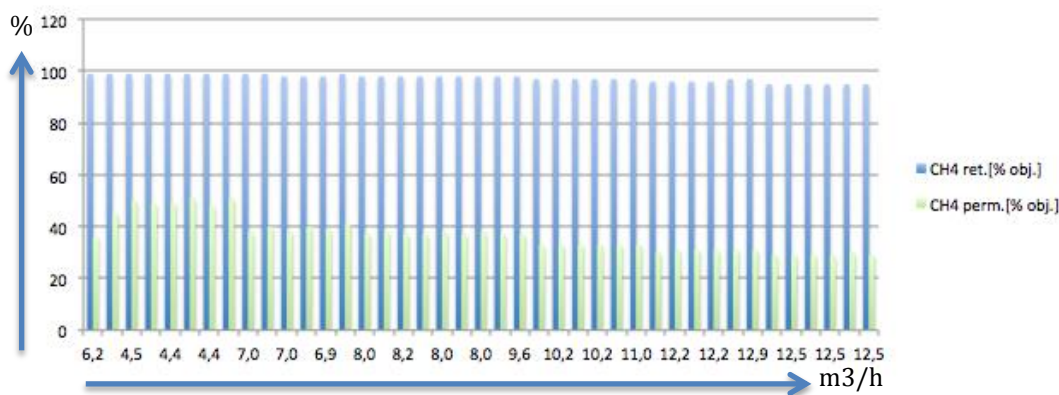


Kromě samotné separace CO₂ ze surového bioplynu dochází v membránových modulech také k částečné separaci vodní páry a H₂S. Na testovaném reálném bioplynu o relativní vlhkosti 34 % se snížila vlhkost v biometanu až na 1 % rel., přesto je tato hodnota nepřijatelná pro další zpracování biometanu kompresí vysokotlakým kompresorem, protože by mohlo docházet ke kondenzaci vody v palivovém systému vozidel za nízkých teplot okolí. Tento problém byl vyřešen předřazením tlakové nádoby za membránovými moduly, která obsahuje adsorbent na bázi molekulového síta určený k hlubokému sušení plynu. K vysoušení biometanu byl použit granulát Calsit, výrobce Slovnaft Vurup. Obsah nádoby může být při jednotlivých provozních aplikacích přizpůsoben reálné vlhkosti plynu tak, aby životnost náplně byla shodná se servisními intervaly celkového zařízení, které jsou zpravidla vždy po 1 000 h provozu.

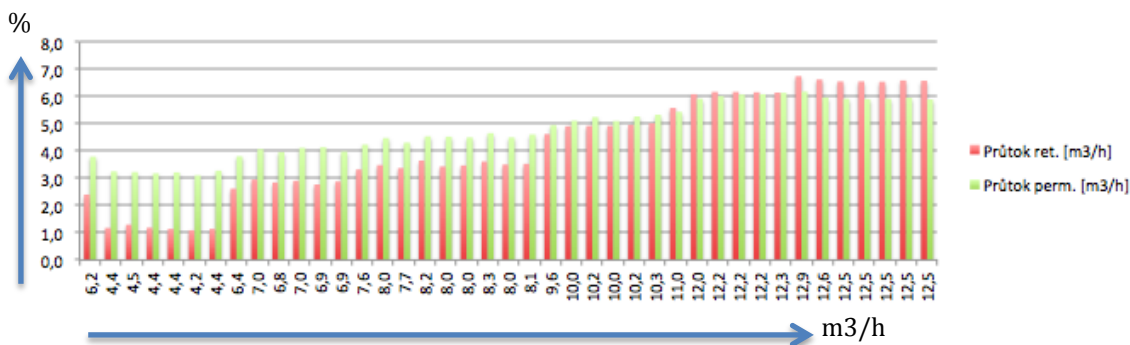
Výhodou granulátu Calsit je i současné zachycování H₂S.

Výsledky měření na seriově zapojených třech membránových modulech při čistotě plynu 95 %+, objem biometanu cca 6,5 m³ (cca 12 m³/h surového bioplynu)

Závislost čistoty plynu (retentátu a permeátu) na průtoku vstupního plynu



Závislost průtoku retentátu a permeátu na celkovém vstupním průtoku



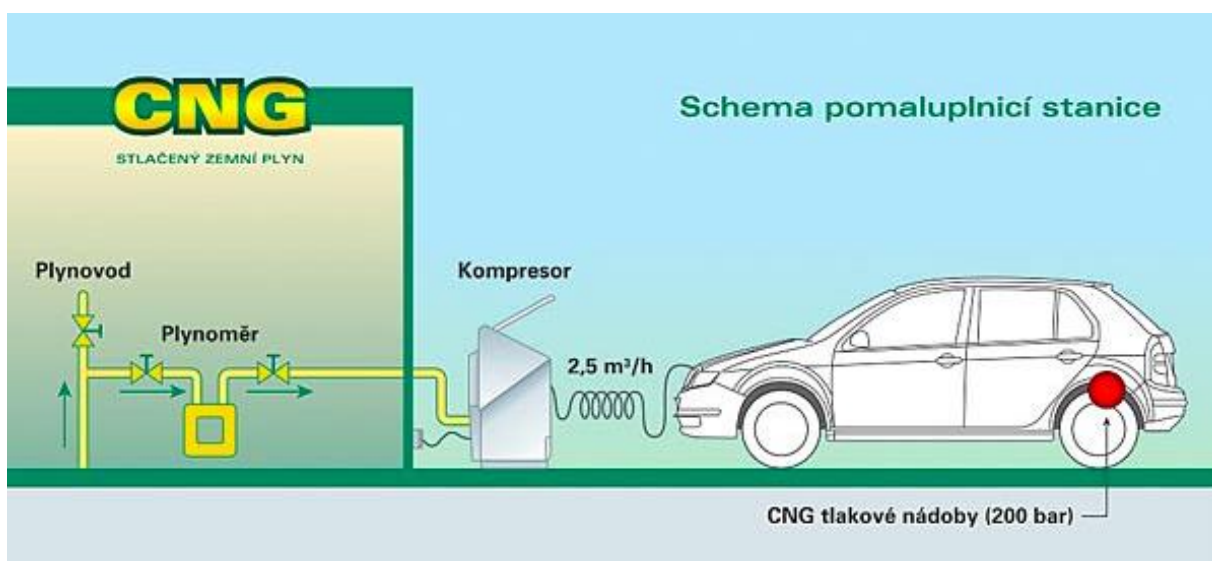
Na základě výsledků měření byly určeny základní poměry produkce biometanu/spotřeby bioplynu s ohledem na praktickou využitelnost. Jak je uvedeno v tabulce níže, byl uvažován optimální poměr 2 díly bioplynu na 1 díl produkovaného biometanu, reálné hodnoty vykazují z daného množství bioplynu nižší hodnoty produkce biometanu a tedy pro praktické nastavení je výhodnější uvažovat poměr 3/1, v našich podmínkách 15 m³/h bude produkovat (v závislosti na kvalitě bioplynu) bezpečně 5 m³/h biometanu. Případný výkonový nesoulad vstupu a výstupu bude řešit vyrovnávací nádrž za prvním středotlakým kompresorem, ve které se udržuje tlaková hladina 6 - 8 bar.

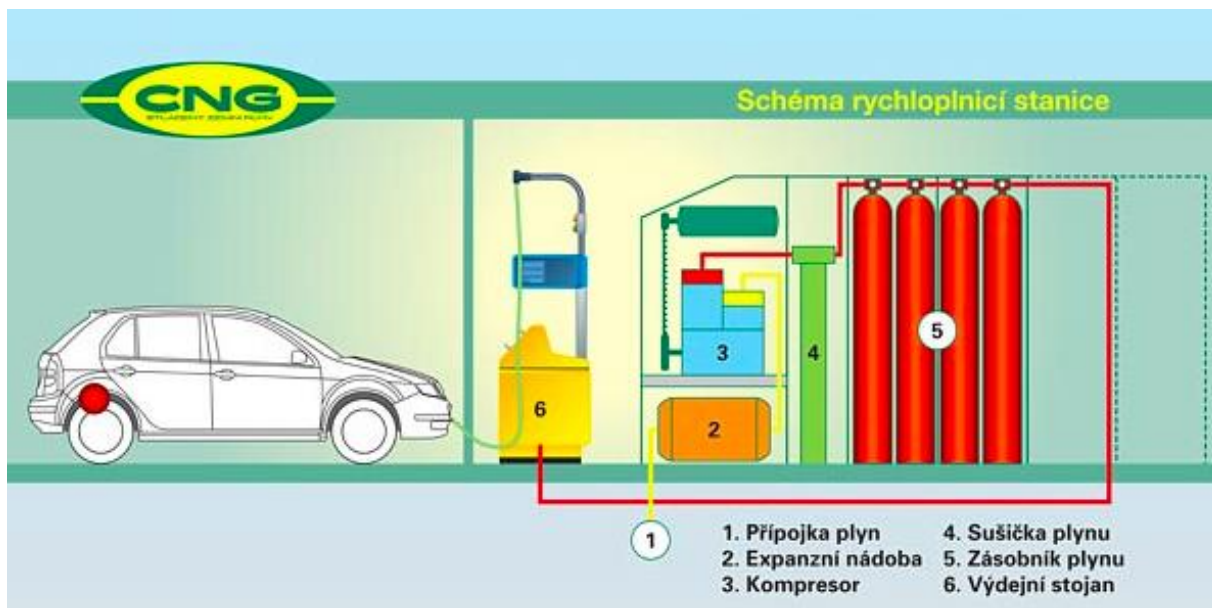
Parametr	Požadovaná hodnota - biometan (ČSN 65 6514)	Reálná hodnota - biometan	Pozn.
Obsah CH ₄	min. 95,0 % mol.	min. 95,0 % mol.	bezpečnostní rezerva v počtu membrán
Obsah H ₂ S	max. 10 mg.m ⁻³	10 mg. m ⁻³	nutno odstranit na vstupu do membrán adsorbenty, pokud není plyn předupraven
Obsah CO ₂ + N ₂ + O ₂	max. 5 %	max. 5 %	max. 5 %
- Obsah CO ₂	(max. 2,5 %)	max. 3 %	max. 3 %
- Obsah N ₂		max. 1 %	max. 1 %
- Obsah O ₂		max. 2 %	max. 2 %
Obsah H ₂ O	max. 32 mg.m ⁻³	max. 32 mg. m ⁻³	nutno sušit na výstupu membrán, pokud není plyn předupraven

3.4. Návrh a popis vysokotlaké části zajišťující kompresi plynu na tlak potřebný pro pohon vozidel

K pohonu vozidel je plyn používán při min. tlakové úrovni 200 bar, buď přímo, jako takzvané přímé plnění, které je prováděno přímo z kompresoru o maximálním tlaku 210 bar, nebo nepřímo, kdy se plyn stlačuje až na úroveň 250 - 300 bar a je skladován v tlakových lahvích nebo jejich soustavách (tlakových zásobnících). Z těchto zásobníků je pak plyn přepouštěn do vozidel pomocí tlakového spádu.

Obě varianty jsou schématicky zobrazeny na následujících dvou obrázcích (zdroj www.cng.cz)





Při návrhu této části zařízení jsme vycházeli z dostupných technologií a to zejména z varianty pomaluplnícího zařízení.

Upravený biometan má podobné vlastnosti jako zemní plyn a tedy všechna zařízení na stlačování zemního plynu jsou bez omezení vhodná pro stlačování vyrobeného biometanu. Výstupní parametry zařízení jsou naprosto srovnatelné, odlišná je část vstupní. Standardní plnicí zařízení pracují s plynem o přetlaku NTL (0,02 bar), podniková či veřejná plnicí zařízení pak pracují i s vyššími tlaky v řádu několika bar. Námi produkováný biometan je o tlaku cca 5 - 7 bar a použité zařízení z hlediska kapacity a investiční náročnosti uzpůsobeno na vstupní tlak 0,02 bar.

Pro naše zařízení bylo využito pístového kompresoru z produkce společnosti Motor Jikov Strojírenská a.s., který byl osazen elektromotorem, spojení kompresoru s elektromotorem zajišťoval klínový řemen. Komponenty byly určeny do prostoru s nebezpečím výbuchu, popřípadě byly umístěny v minimální vzdálenosti 0,2 m od potenciálního zdroje úniku plynu.

Vysokotlaká část zařízení je vybavena pístovým kompresorem se třemi stupni, které stlačují plyn na úroveň 4 bary, 35 bar a 230 bar. Protože plyn vstupující do kompresoru má již tlak 5 - 7 bar, nebyl první stupeň kompresoru využit. Za každým kompresním stupněm je instalován chladič plynu a odlučovač vlhkosti, vybavený odkalovacím ventilem. Za posledním kompresním stupněm je sušící patrona naplněná adsorbentem na bázi molekulového síta pro konečnou filtraci a dosoušení plynu. Molekulové síto má současně schopnost částečně adsorbovat také H_2S a CO_2 , takže dále vylepšuje kvalitu plynu vstupujícího do nádrže vozidla.

Požadavky na parametry plynu v této části jsou uvedeny níže v tabulce:

Požadavky na parametry plynu - vysokotlaká část	Vstup	Výstup
Tlak	6 - 8 bar	200 - 250 bar
Teplota	10 - 30 st C	10 - 30 st C
Obsah CH ₄	95 - 100 %	95 - 100 %
Obsah CO ₂	0 - 5 %	0 - 5 %
Vlhkost	do 1 % rel. při 10° C	do 0,01 % rel. při 10° C
Obsah H ₂ S	0 - 10 ppm	0 - 10 ppm

V nejmenší výkonové variantě vysokotlakého kompresoru je produkce plynu dostatečná k pohonu traktoru na 6,5 h (při spotřebě 10 m³/h) nebo pro provoz dodávkového vozidla na 500 km denně (při spotřebě 13 m³/h). To by odpovídalo ročnímu projezdu 1 vozidla 125 000 km (při uvažování provozu pouze v pracovních dnech). Při zapojení tlakového zásobníku za vysokotlaký kompresor se využitelnost zvýší.

Dalšího navýšení produkce biomethanu je možné dosáhnout zvyšováním výkonu kompresorů a počtem použitých membránových modulů.

Fotografie vysokotlakého kompresoru použitého v zařízení:



Zobrazení napojení zařízení prostřednictvím koncovky NGV1 do vozidla na CNG:





Na základě získaných zkušeností během testování zařízení na Čistírně odpadních vod v Praze 6 a na bioplynové stanici v Jarošovicích byl funkční vzorek dále upraven tak, aby mohl být nasazen i jinde. Byly provedeny následující úpravy:

- výroba společné konstrukce pro všechny komponenty separačního zařízení zajišťující ochranu jednotlivých komponent před povětrnostními vlivy. Tato konstrukce musela splňovat požadavky na snadnou transportovatelnost (snadnou nakládku vysokozdvižným vozíkem), váha zařízení do 300 kg, transportovatelnost na přívěsném vozíku za osobním vozidlem, zastřešení, které nebude vytvářet kapsy pro kumulaci plynu
- pevné uložení jednotlivých komponent na konstrukci
- doplnění o adsorbér na odstranění sloučenin síry na vstupu bioplynu do prvního kompresoru a vysokotlaký adsorbér pro odstranění vlhkosti za druhým kompresorem. První adsorbér pro odstranění sloučenin síry nemusí s ohledem na přetlak vstupujícího plynu cca 300 mbar. splňovat zvláštní parametry na tlakovou odolnost

Fotografie doplnění zařízení o adsorbér pro záchyt sloučenin síry (žlutá nádoba):



- propojení jednotlivých komponent nerezovým potrubím pro zamezení případné reakce materiálu potrubí s plynem obsahujícím síru, pro vedení byly standartizovaně použity prvky do 300 bar.
- propojení na odběr plynu a zpětné zavedení permeátu do proudu bioplynu odcházejícího do kogenerační jednotky bioplynové stanice. Odběr plynu byl realizován dle navržené metodiky z potrubí před vstupem do kogenerační jednotky. Výstup odpadního plynu byl vrácen do vedení bioplynu min. 1 m za místem odběru plynu a před vstupem do kogenerační jednotky (ve směru toku plynu).

Fotografie odběrového místa pro odběr plynu do separační jednotky



- upevnění membránových modulů tak, aby bylo možné je zapojit paralelně či dvoustupňově (paralelně v prvním stupni a sériově druhý stupeň)

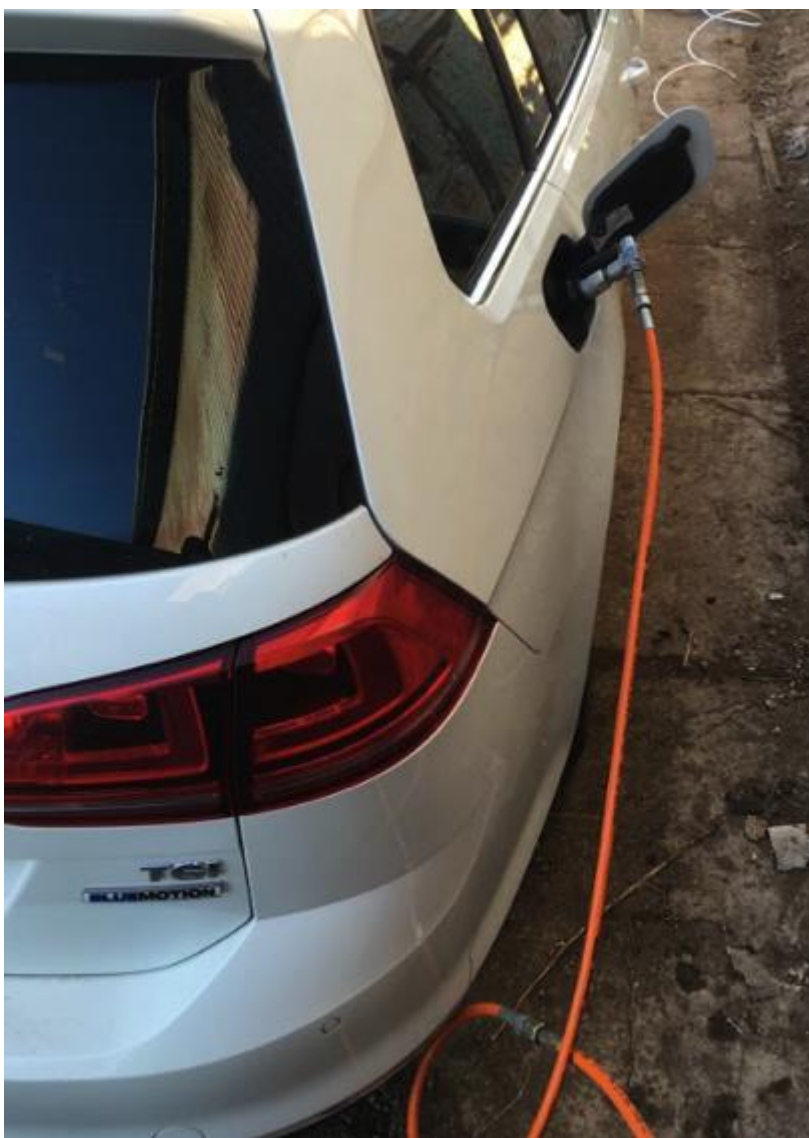
Fotografie upevnění membránových modulů v konstrukci jednotky



- úprava elektroinstalace vysokotlakého kompresoru tak, aby po dosažení předem nastavené tlakové úrovně došlo k vypnutí kompresoru. Tím dojde k výraznému snížení potřeby dohledu a zvýšení uživatelské úrovně. Pro eliminaci tlakových rázů a optimalizaci chodu kompresorů byly za jednotlivé kompresory instalovány vyrovnávací nádrže.

- doplnění o mezinádrž za vysokotlakým kompresorem. Nádrž je doplněna o hadici a koncovku NGV1 pro přímé plnění biometanu do vozidel. Nádrž má objem 30 l a při tlaku 200 bar pojme 6 m³ plynu. Ten je poté možné přepustit do vozidla.

Fotografie přímého plnění biometanu do vozidla pomocí koncovky NGV1:



Fotografie konstrukce zařízení na úpravu bioplynu na biomethan (funkční vzorek):



3.5. Zapojení zařízení na výrobu biomethanu na bioplynové stanici

Zařízení na úpravu bioplynu na biomethan se zapojuje do plynové trasy bioplynové stanice v místě co nejbliž před kogenerační jednotkou. Odpadní plyn (permeát) ze separační jednotky se vrací zpět do plynové trasy bioplynové stanice nejméně 1 m za místo připojení odběrného místa, a to ve směru proudění surového bioplynu. Surový bioplyn by měl být v maximální míře zbaven vlhkosti a sirných nečistot.

Instalace zařízení na úpravu bioplynu je ideální provádět v podmínkách bioplynové stanice, která již disponuje zařízením na snížení obsahu sulfanu a vlhkosti pro zvýšení životnosti motorů kogeneračních jednotek. Tím klesají požadavky na investiční nároky spojené s plněním výše uvedené min. specifikace kvality bioplynu.

Požadavky na surový bioplyn:

Maximální obsah vody:	max. relativní vlhkost 100 % při 10 °C
Maximální obsah sulfanu:	100 ppm
Tlak:	0 - 500 mbar
Připojovací potrubí:	DN 50

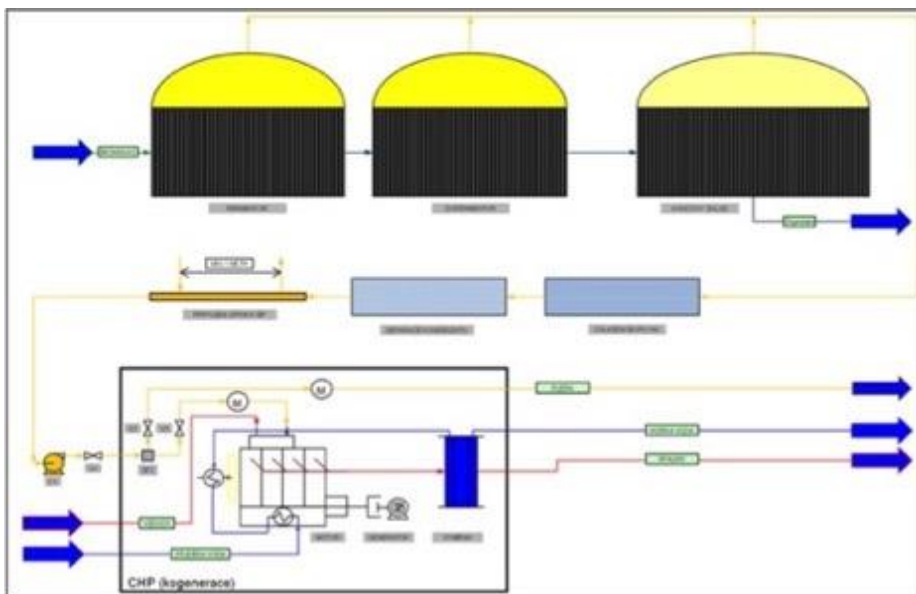
Technologie zařízení na čištění bioplynu je možné připojit i do jiných míst plynové trasy bioplynové stanice při splnění výše uvedených podmínek.

Pokud je místo spalovacího motoru kogenerační jednotky použit jiný spotřebič bioplynu, který pracuje s výrazně vyšším vstupním tlakem, který je shodný s výstupním tlakem šroubového kompresoru (např. mikroturbína), je možné uvažovat i o eliminaci potřeby prvního kompresoru v separační jednotce.

Požadavkům jednoduché integrace zařízení na výrobu biomethanu z bioplynu do technologie bioplynové stanice odpovídá i navržené řešení využití odpadního plynu (permeátu), který je vrácen do hlavního toku bioplynu přiváděného ke kogeneračním jednotkám (spotřebičům) bez potřeby následného zpracování či likvidace tohoto proudu plynu.

Zařízení na úpravu bioplynu je z ekonomického hlediska také vhodné tam, kde existuje přebytek produkce bioplynu či je možné tento přebytek vytvořit bez následné možnosti navýšené výroby elektrické energie.

Schéma zapojení zařízení do podmínek bioplynové stanice:



4. Návrh konceptu sériově vyráběného zařízení pro výrobu biomethanu z bioplynu

V České republice stanovuje požadavky na kvalitu biometanu k použití pro pohon vozidel norma ČSN 65 6514. Tato norma je aplikovatelná pro prodejce biometanu, v našem konceptu se s prodejem plynu ze zařízení na úpravu a plnění bioplynu třetím osobám neuvažuje, a proto drobné odchylky od této normy nemají vliv na možnost využití paliva.

Z hlediska rozsahu použití (lokální spotřeba, omezené množství) a důrazu na nízkou investiční náročnost je proces nastaven tak, aby bezpečně plnil uvedené parametry normy; monitorování kvality plynu je prováděno pouze při servisních intervalech zařízení (každých 1 000 h provozu, cca 2 a více měsíců dle vytíženosti), tento interval je dostačující. Počty membránových modulů jsou stanoveny tak, aby i při nefunkčnosti jednoho modulu byla stále plněna uvedená norma. Stejně tak je postupováno s nastavením množství adsorbentů odstraňujících vlhkost a síru z plynu; tento objem je dvojnásobný pro zajištění bezpečné rezervy pro dosahování kvalitativních parametrů plynu jako paliva.

Absence odorizace plynu je nahrazena jiným bezpečnostním prvkem s dvojitým jištěním - řízenou ventilací ředící objem plynu pod výbušnou mez (malý objem plynu)

s metanovým čidlem, při jehož signalizaci nadlimitní koncentrace v okolním prostředí dochází k okamžitému odstavení zařízení.

Z hlediska uživatelského je kritické, aby byly dodrženy hodnoty obsahu síry a vody v biomethanu; při překročení těchto hodnot by mohlo docházet k nežádoucí korozi palivového systému vozidla. Nedodržení hodnot ostatních složek nebude mít v krajním případě za následek poškození komponent, pouze při zvýšeném obsahu o několik jednotek % CO₂ klesne energetický obsah paliva a úměrně se sníží výkon motoru a dojezd vozidla. S vyšší koncentrací CO₂ by mohlo docházet také k zamrznání CO₂ v palivových nádržích v případech velmi nízkých venkovních teplot (pod mínus 20 °C).

Sériové komerčně dostupné zařízení bude dodáváno kontejnerové jednotce, která bude uzpůsobena do prostředí s nebezpečím výbuchu a bude obsahovat:

- adsorbér s náplní impregnovaného aktivního uhlí pro účinné odsíření bioplynu
- vstupní kompresor pro dosažení tlakové úrovně 6 - 8 bar
- vyrovnávací nádrže
- separační membránové moduly
- vyrovnávací nádrže
- vysokotlaký kompresor
- tlakový adsorbér s náplní molekulového síta pro dusušení plynu
- tlakový zásobník
- výdejní stojan či hadice s koncovkou NGV1
- řídicí systém s rozvaděčem

Zařízení bude modulárně rozšiřitelné v závislosti na kapacitních požadavcích uživatelů. Tato variabilita se bude týkat zejména počtu separačních modulů a velikosti zásobníku; dimenzování kompresorů bude vycházet z komerční dostupnosti a spíše budou kapacitně naddimenzovány s ohledem na podíl ceny kompresorů na celkových nákladech zařízení.

5. Seznam použité literatury a zdrojů

1. Požadavky na kvalitu biomethanu využitelného pro zážehové motory dle ČSN 65 6514