



1. Všeobecně :	1
2. Mezní hodnoty :	1
2.1 Kontrolní seznam údajů ke kvalitě pohonného plynu :	4
3. Dodatek I / Vysvětlivky :	6
3.1 Poznámky :	6
3.2 Složení a vlastnosti pohonného plynu :	6
3.2.1 Hlavní složky :	7
3.2.2 Stopové a doprovodné látky :	7
4. Dodatek II / Stanovení organokřemičitých sloučenin ve skládkovém a čistírenském plynu a v bioplynu :	8
4.1 Poznámky :	8
4.1.1 Předpoklady pro odbírání vzorků a výběr místa odběru	8
4.1.2 Organokřemičité sloučeniny	9

1. Všeobecně :

Na rozdíl od benzínu nebo motorové nafty nepodléhají plynné pohonné látky všeobecně žádným přísným specifikacím nebo klasifikacím.

Motorová soustrojí firmy GE Jenbacher jsou optimálně sladěna pro smluvně stanovené složení pohonného plynu. Odchylné složení pohonného plynu popř. překročení mezních hodnot vztahujících se k pohonnému plynu se projeví zpravidla nepříznivě na provozu motoru.

Mazací olej může ztratit vlivem příměsí v pohonném plynu své protikorozivní vlastnosti. Výsledky periodických analýz mazacího oleje upozorní na nežádoucí příměsi v pohonném plynu. Viz k tomu následující technické návody :

TN č. : 1000-0112

TN č. : 1000-0125

TN č. : 1000-0099B

TN č. : 1000-0099C.

2. Mezní hodnoty :

Pohonné plyny se skládají z více jednotlivých složek. Tyto zahrnují hlavní složky a stopové popř. doprovodné látky. Hlavní složky určují vlastnosti pohonného plynu důležité z hlediska fyzikálního chodu motoru a je třeba je stanovit kompletní analýzou plynu.

Stopové popř. doprovodné látky jsou zpravidla nečistoty, přítomné řádově v rozsahu ppm. V protikladu k hlavním složkám jsou vlivy stopových nebo doprovodných látek sledovatelné teprve po určité době provozu motoru.



Všeobecné rámcové podmínky *)

Tlak plynu	-	Podle specifikace projektu
Tlak plynu, max. rychlost změny	10 mbar/s	
Teplota plynu	< 40°C	Vyšší teploty lze v jednotlivých případech vyzkoušet.
Relativní vlhkost plynu	< 80 %	Doporučení při instalaci bez filtru s aktivním uhlím, ale v žádném případě nesmí být kondenzát v regulační řadě plynu až do směšovače plynu.
	< 50 %	Požadavek při instalaci s použitím filtru s aktivním uhlím Jenbacher na vstupu filtru.
Kondenzát, sublimát	0	Žádný kondenzát a žádný sublimát nesmí být v plynovodu popř. v potrubí palivové směsi
Rychlost změny výhřevnosti max.	1 % / 30 s	
Metanové číslo	10 MZ / 30 s	
Rychlost změny max.		

*) Stav plynu na vstupu do zařízení dodaného firmou GE Jenbacher

Prach

Jemnost filtru	< 5 µm	Pokud se nedosahuje životnosti filtru uváděné v plánu údržby, je třeba provést zlepšující zákrok ze strany provozovatele.
----------------	--------	---

Stopové a doprovodné látky

Si : křemík celkem jako Si _{BG} **)	0,02	Bez katalyzátoru
	0,0005	S katalyzátorem

**) Při použití pohonného plynu se stopami prchavých oxidovatelných sloučenin křemíku lze stanovit silný korelační vztah mezi obsahem sloučenin křemíku v pohonném plynu a obsahem křemíku v použitém motorovém oleji. Jako měřítko pro stanovení množství křemíku usazeného v motoru slouží provozní charakteristická hodnota Si_B.

Tato hodnota se stanoví na základě dvou po sobě následujících analýz motorového oleje :

ΔSi obsah v motorovém oleji : zvýšení obsahu Si v motorovém oleji v ppm mezi dvěma analýzami a

$\Delta doby použití oleje$: provozní čas v hodinách mezi oběma analýzami oleje

$$Si_{\text{provozní charakteristická hodnota}} (Si_B) = \frac{\Delta Si_{\text{obsah v motorovém oleji}} (\text{ppm}) \times \text{množství oleje} (\text{v litrech})}{\text{střední výkon motoru} (\text{kW}) \times \Delta \text{doby použití oleje} (\text{hod})} \times 1,1$$

Příklad výpočtu :

Zvýšení obsahu Si v motorovém oleji mezi 2 zkouškami oleje	40 ppm
Olejová náplň motoru	500 litrů
Výkon motoru	2000 kW
Doba použití oleje mezi 2 analýzami	600 hod.



$$Si_B = \frac{40 \text{ ppm} \times 500 \text{ litrů}}{2000 \text{ kW} \times 600 \text{ hod.}} \times 1,1$$

$$Si_B = 0,018 \quad \text{skutečná hodnota}$$

$$Si_{BG} = 0,02 \quad \text{požadovaná horní mez}$$

$$Si_B < Si_{BG} \rightarrow \text{v pořádku}$$

Ve stadiu projektu může Jenbacher vlastním odběrem vzorků a analýzou při použití pohonného plynu, odpovídajícího palivu spalovanému ve skutečném pozdějším provozu, předložit odhad očekávatelné provozní charakteristické hodnoty Si_B . V závislosti na této hodnotě je firma GE Jenbacher schopna nabídnout servisní smlouvu, popř. doporučit opatření pro zlepšení situace. V provozu motoru je dodržování mezních hodnot dle analýzy oleje předpokladem platnosti plánu údržby dle kontraktu. Předpoklady a metoda odběru vzorků jsou popsány v odstavci 4. dodatku II.

Stopové a doprovodné látky

Síra celkem *)	< 700 mg/10 kWh **)	Bez katalyzátoru
	< 2000 mg/10 kWh **)	Bez katalyzátoru s omezenou zárukou ***)
	< 200 mg/10 kWh **)	S katalyzátorem
	< 500 mg/10 kWh **)	S katalyzátorem s omezenou zárukou ****)
Sloučeniny halogenů *)		
Cl celkem + 2 x F celkem	< 100 mg/10 kWh **)	Bez katalyzátoru
	< 400 mg/10 kWh **)	Bez katalyzátoru s omezenou zárukou ***)
	< 20 mg/10 kWh **)	S katalyzátorem
Čpavek	< 50 mg/10 kWh **)	
Obsah oleje celkem	< 5 mg/10 kWh **)	

*) Již od celkového obsahu síry asi 50 mg/10 kWh a stejně tak od celkového obsahu halogenů cca 20 mg/10 kWh se znatelně zkracuje životnost oleje (viz TN č. : 1000-0099B a C). V případě instalace odsiřovacího zařízení je nutno pamatovat, že při poruše nebo odstavení odsiřování je motor vystaven vysokým koncentracím síry v plynu, což vede v krátkém čase k následným škodám.

**) Rozhodující pro posouzení stopových látek je jejich absolutní množství, vstupující do motoru. Aby bylo možno porovnat rozdílné plyny, přepočítává se koncentrace stopových látek na určité množství energie v konkrétním plynu a dává se do poměru k zemnímu plynu (metan, výhřevnost cca 10 kWh/mn³).

$$S = \frac{\text{naměřená koncentrace (mg / Nm}^3\text{)}}{\text{výhřevnost (kWh / Nm}^3\text{)}} \times 10 \text{ (kWh / Nm}^3\text{)}$$

Často jsou uváděny koncentrace v objemově vztažených veličinách např. ppm (jedna miliontina celku), tyto veličiny musejí být přepočteny přes měrnou hmotnost při normálních podmínkách na mg/Nm³.

$$S' \text{ (mg / Nm}^3\text{)} = \text{naměřená koncentrace (ppm)} \times \text{měrná hmotnost prvku (kg / Nm}^3\text{)}.$$

Poznámka: údaj v ppm (=10⁻⁶) a přepočet kg na mg (10⁺⁶) se navzájem vyruší.



Příklad výpočtu:

CO ₂	40%
CH ₄	60%
H ₂ S	260ppm (měrná hmotnost při normálních podmínkách = 1,538kg/Nm ³)
Výhřevnost	6kWh/Nm ³ (=60% ze 100% CH ₄ = 10kWh/Nm ³)

Krok 1: přepočet naměřené hodnoty v ppm na mg/Nm³

$$S' (mg / Nm^3) = 260 (ppm) \times 1,538 (kg / Nm^3) \quad S' = 399 mg / Nm^3$$

Krok 2: Přepočet naměřené hodnoty v mg/Nm³ na srovnávací hodnotu (mg/10kWh)

$$S = \frac{399 mg / Nm^3}{6 kWh / Nm^3} \times 10 \rightarrow S = 665 mg / 10kWh \quad \text{skutečná hodnota}$$

$$\text{Bez katalyzátoru} \rightarrow S_G = 700 mg / 10kWh \quad S < S_G \rightarrow \text{v pořádku}$$

Tento příklad výpočtu platí analogicky pro všechny uvedené mezní hodnoty v mg/10 kWh.

***) Pokud lze akceptovat zkrácení životnosti částí motoru nebo částí zařízení, která přicházejí do styku s pohonným plynem nebo s motorovým olejem, respektive odpovídající zvýšení nákladů na údržbu, mohou být zvýšeny hranice až na hodnoty uvedené v tabulce.

K dosažení dostatečně dlouhé minimální životnosti oleje (cca 500 provozních hodin) musí být pamatováno na dostatečně velkou přídavnou nádrž motorového oleje. Její velikost stanoví GE Jenbacher. U zařízení s využitím odpadního tepla je třeba dbát na to, aby nebyl podkročen rosný bod kyseliny ve spalinovém kotli a to i s přihlédnutím k podmínkám při provozu se sníženým výkonem.

****) V katalyzátoru se přeměňuje SO₂ na SO₃. S kondenzátem se tvoří sirné kyseliny. Proto se omezuje záruka na spalínový kotel, katalyzátor a spalínový systém při výstupních teplotách spalin < 180°C.

2.1 Kontrolní seznam údajů ke kvalitě pohonného plynu :

Všeobecné informace

Název projektu nebo zařízení :	
Jméno odpověd.pracovníka u zákazníka :	
Jeho dosažitelnost (telefon) :	
Druh a původ plynu :	

Fyzikální vlastnosti pohonného plynu

Tlak plynu (od – do) :		
Teplota plynu (od – do) :		
Relativní vlhkost plynu (od – do):		



Chemické vlastnosti pohonného plynu

Hlavní složky :	% objemová :	Měřicí metoda :
Metan CH ₄ :		
Etan C ₂ H ₆ :		
Propan C ₃ H ₈ :		
Butan C ₄ H ₁₀ :		
Pentan C ₅ H ₁₂ :		
Hexan C ₆ H ₁₄ :		
Oxid uhelnatý CO :		
Vodík H ₂ :		
Oxid uhličitý CO ₂ :		
Dusík N ₂ :		
Kyslík O ₂ :		
Jiné :		

Stopové látky :	ppm nebo mg/Nm ³ :	Měřicí metoda :
Amoniak (čpavek) NH ₃ :		
Chlor celkem :		
Fluor celkem :		
Sirovodík H ₂ S :		
Křemík celkem :		
Síra celkem :		
Prach :		
Jiné :		

Další informace :

GE Jenbacher může případně doporučit jemu známé instituce provádějící analýzu plynu.



3. Dodatek I / Vysvětlivky :

3.1 Poznámky :

Na rozdíl od benzínu nebo motorové nafty nepodléhají plynné pohonné látky všeobecně žádným přísným specifikacím nebo klasifikacím. Všechny motoricky použitelné plynné látky mohou být v postate zahrnuty do kategorie „pohonné plyny“.

Fyzikální a chemické vlastnosti plyných paliv mohou být velmi rozdílné, motory jsou však co do konstrukce a provozních podmínek přizpůsobeny vždy jen v rámci jejich určitého rozmezí a na změny vlastností plynu mimo toto rozmezí reagují často velmi citlivě.

Sestava motoru je optimálně seřazena na dané složení pohonného plynu, pro které byl motor dodán. Pokud zde dojde ke zřetelným změnám, zejména však pokud dojde k překročení daných mezních hodnot pohonného plynu, mohou se tyto změny nepříznivě projevit na chodu motoru.

Pokud je zřejmé nebo pokud existuje možnost, že během provozování motoru dojde ke změnám ve vlastnostech pohonného plynu, je nutné, aby zákazník na tuto okolnost výslovně upozornil. V tomto technickém návodu (TN) uvedené mezní hodnoty vlastností plynu se zakládají na obsáhlých zkušenostech firmy GE Jenbacher a jsou základem pro bezporuchový provoz soustrojí.

Výrobce motorů GE Jenbacher nabízí svým zákazníkům bližší informace a poradenství.

3.2 Složení a vlastnosti pohonného plynu :

Pohonné plyny jsou obvykle složeny z více složek, které lze rozdělit do dvou tříd :
na hlavní složky a stopové látky.

Hlavní složky určují vlastnosti pohonného plynu, rozhodující pro fyzikální chod motoru (např. výhřevnost, koeficient přebytku vzduchu, teplotu spalování, laminární rychlost plamene, meze zápalnosti, odolnost proti klepání). Obvykle se udávají v % objemových.

Stopové popř. doprovodné látky se dostanou do plynu obvykle v procesu jeho vzniku. Jsou to zpravidla znečišťující látky, obsažené v plynu jako příměsi v řádu ppm. Na rozdíl od hlavních složek plynu jsou vlivy stopových nebo doprovodných látek postřehnutelné teprve po jisté době provozu motoru (tzv. kumulativní vlivy).

Protože tyto vlivy jsou v převážné míře nepříznivé, je žádoucí, aby pohonný plyn byl v podstatě prost těchto stopových resp. doprovodných látek. Při velmi vysokém obsahu doprovodných látek je nejlepší metodou, která (podle okolností) zaručí hospodárné využití pohonného plynu, použití vhodného způsobu čištění pohonného plynu.

K posouzení způsobilosti pohonného plynu pro motorické využití je nutná co možná nejúplnější analýza plynu.



Jak ukazují zkušenosti z praxe, výsledky se mohou i při podobných procesních podmínkách značně lišit. Proto lze účinky stopových látek předem definovat pouze v omezeném rozsahu, neboť zde velmi často dochází k protichůdným vlivům a k působení velkého počtu vzájemně se ovlivňujících faktorů.

Nároky na plnění ze záruky v souvislosti s problémy, které jsou v kauzálním vztahu k překročení jedné nebo více mezních hodnot definovaných tímto technickým návodem, nemohou být firmou GE Jenbacher uznány.

3.2.1 Hlavní složky :

V technických datech je uveden vedle řady rámcových podmínek, pro které datový list platí, také druh pohonného plynu.

V případech, kdy uvažovaný pohonný plyn neodpovídá údajům standardního výrobního programu, může být podle konkrétních technických a ekonomických možností přijato specifické řešení pro daného zákazníka.

U některých druhů plynu (např. skládkové plyny, pyrolýzní plyny, důlní plyny atd.) je složení obvykle velmi proměnlivé. V provozu motorů s regulací Leanox mohou být tyto výkyvy (pod zatížením) ve velkém rozsahu vyrovnávány regulačním systémem motoru. K zajištění dobrého startování motoru je ovšem třeba při větším rozsahu kolísání vlastností plynu dodat řídicímu systému motoru vhodnou použitelnou informaci o aktuální kvalitě plynu (např.: výhřevnost, obsah CH₄).

3.2.2 Stopové a doprovodné látky :

Vliv stopových látek v podstatě odpovídá jejich celkovému množství dodanému do motoru v průběhu provozního času. U pohonného plynu s vyšší výhřevností je proud plynu do motoru menší než u plynu s nižší výhřevností. Následkem toho je zanáška stopovými látkami v motoru a její vliv při stejné koncentraci stopových částic v plynu rozdílný. Aby bylo možno porovnat obsah stopových látek v rozdílných plynech, je nutné vztáhnout jejich hodnoty koncentrace stopových látek na daný obsah energie v palivu (příkon v palivu potřebný pro daný výkon motoru se pro všechny druhy plynu liší velmi málo).

Výrobce zvolil pro tento účel údaj obsahu energie v 1 Nm³ metanu : 10 kWh.



4. Dodatek II / Stanovení organokřemičitých sloučenin ve skládkovém a čistírenském plynu a v bioplynu :

4.1 Poznámky :

Organokřemičité sloučeniny se vyskytují v pohonných plynech ze skládek odpadů, čistíren odpadních vod a zařízení na bioplyn (podle použité biomasy). Při využití ve spalovacím motoru vznikají oxidy křemíku (křemenné částice), které mohou vést k vyšším nákladům na údržbu stroje a eventuálně k deaktivaci katalyzátoru spalín.

Zatímco u čistírenských plynů a bioplynů účinně odstraní tyto sloučeniny osvědčený systém aktivního uhlí firmy Jenbacher, vhodnost použití této čistící techniky pro skládkový plyn je třeba posoudit případ od případu.

Rozsah působení křemíku se sleduje při provozu motoru porovnáním s mezní hodnotou křemíku v oleji podle bodu 2. Dodržení této mezní hodnoty je základem platnosti servisní smlouvy. Tato udaná mezní hodnota není momentální hodnota obsahu křemíku, nýbrž ukazuje kumulovanou zanášku křemíkem po dobu chodu motoru.

GE Jenbacher doporučuje ve stadiu projektu analyzovat na obsah organokřemičitých sloučenin obzvláště pohonný plyn ze skládek odpadů, aby bylo možno odhadnout očekávané náklady na údržbu. Dále dodá výsledek analýzy firmě GE Jenbacher pro podklad k rozhodnutí o použití techniky čištění plynu na základě rozboru jeho účinnosti a hospodárnosti.

Technika odběru vzorků a analýzy organokřemičitých sloučenin v plynu při obvykle se vyskytujících koncentracích není ještě na všeobecně použitelné úrovni. Jenbacher nabízí vlastní spolehlivou techniku analýzy, vyvinutou firmou GE Jenbacher. Tato analýza může být provedena pouze odborným personálem GE Jenbacher.

V odstavci 4.1.1 se vysvětluje, za jakých rámcových podmínek vede odběr vzorků a jejich analýza k použitelným výsledkům. V odstavci 4.1.2 jsou shrnuty všeobecné informace o organokřemičitých sloučeninách, důležité pro provoz motoru s uvedenými druhy plynu.

4.1.1 Předpoklady pro odebrání vzorků a výběr místa odběru

Zjištěné množství organokřemičitých sloučenin představuje vždy momentální situaci. Odběr vzorku může vést k uživatelským výsledkům pouze tehdy, pokud místo odběru odpovídá následujícím podmínkám :

1. Místo odběru musí ležet v místě potrubí se stálým průtokem a musí být **průtokem kondenzátu**. Vhodné jsou klesající popř. stoupající úseky potrubí. U vodorovné trubky musí místo odběru vzorku bezpodmínečně odbočovat z trubky na její horní část. Jinak se v odbočce shromáždí kondenzát, čímž se znehodnotí odběr vzorků, i když se kondenzát vypustí a plyn je opticky suchý.
2. Proud plynu v potrubí musí stacionárně proudit minimálně 3 hodiny před odběrem vzorku. Průtokové množství plynu má přitom představovat minimálně 75% průtokového množství při plném zatížení motoru. U potrubí, ve kterém proudí jen malé průtokové množství plynu, vzniká nebezpečí chybného měření, když stopové složky kondenzují na studeném povrchu, popř. když organokřemičité sloučeniny jsou absorbovány v jiných kondenzujících stopových složkách.



3. Místo odběru by se mělo nacházet s výhodou v přetlakové oblasti potrubí před plánovaným motorem. Odběr vzorku je ale možný i v podtlakové části potrubí.
4. U zařízení na skládkový plyn má být navíc, že sací tlak bude během odběru přibližně na stejné úrovni jako při plánovaném chodu motoru na plný výkon. U skládek odpadů, u kterých se ještě nedosahuje přibližně průtokového množství plynu, nelze smysluplný odběr provést. V případě skládek odpadů je použitelný pouze vzorek odebraný ve sběrném potrubí plynu. Zkoušení jednotlivých sběrných studní nevede k výsledkům, použitelným ve smyslu tohoto návodu.
5. Během odběru vzorků se nemají dělat na těžním zařízení plynu žádné změny, aby v době odběru bylo zatížení plynu stopovými látkami konstantní.

4.1.2 Organokřemičité sloučeniny

K této skupině látek se počítají siloxany, silany a silanoly. Siloxany se používají v kosmetice, čistících prostředcích a jako pěnové retardéry v průmyslu, ostatní uvedené látky vznikají jako produkty na odbourání siloxanů v pohonném plynu. Tyto látky jsou hořlavé, velmi těkavé a unikají vodnatými systémy (čistírenský kal, fermenty, prosakující voda ze skládek). Osm dále vyjmenovaných složek se osvědčilo jako nosné složky pro odhad obsahu organokřemičitých sloučenin v pohonném plynu ze :

- skládek komunálního odpadu
- čistíren odpadních vod, převážně zpracovávajících odpadní vodu z domácností
- zařízení na bioplyn, dle původu biomasy.

U plynů ze skládek, na kterých se skladují meziproducty silikonové chemie nebo jiné výrobky s obsahem silikonů, stejně jako u plynů z čistíren odpadních vod, do kterých jsou přiváděny odpovídající odpadní vody s obsahem silikonů, se provádí analýza na další organokřemičité sloučeniny. Následující seznam popisuje minimální rozsah takového šetření.

Popis:	Zkratka :	Chemický vzorec :	CAS č.	Podíl atomů Si v molekule [g/g]
Tetrametylsilan	TMS	$\text{Si}-(\text{CH}_3)_4$	75-76-3	0,319
Trimetylsilanol	MOH	$\text{Si}-(\text{CH}_3)_3-\text{OH}$	1066-40-6	0,312
Hexametyldisiloxan	L2	$\text{Si}_2-\text{O}-(\text{CH}_3)_6$	107-46-0	0,347
Hexametylcyclotrisiloxan	D3	$\text{Si}_3-\text{O}_3-(\text{CH}_3)_6$	541-05-9	0,380
Oktametyltrisiloxan	L3	$\text{Si}_3-\text{O}_2-(\text{CH}_3)_8$	107-51-7	0,357
Oktametylcyclotetrasiloxan	D4	$\text{Si}_4-\text{O}_4-(\text{CH}_3)_8$	556-67-2	0,380
Dekametyltetrasiloxan	L4	$\text{Si}_4-\text{O}_3-(\text{CH}_3)_{10}$	141-62-8	0,362
Dekametylcyclopentasiloxan	D5	$\text{Si}_5-\text{O}_5-(\text{CH}_3)_{10}$	541-02-6	0,380

Ze součtu organokřemičitých sloučenin obsažených v pohonném plynu se vypočítá suma atomárního křemíku obsaženého v plynu [mg/Nm^3].

S pomocí údaje obsahu metanu v plynu může být tato hodnota analogicky k přepočtu na straně 3 přepočtena na obsah atomárního křemíku z organokřemičitých sloučenin [$\text{mg}/10\text{kWh}$]. Tento údaj je důležitou hodnotou při zjišťování nákladů na údržbu plynového motoru.



Příklad :

Popis	Výsledek analýzy [mg/Nm ³]	Podíl atomů Si v molekule [g/g]	Atomární křemík [mg/Nm ³]
Tetrametylsilan	< 0,1	0,319	0,0
Trimetylsilanol	3,3	0,312	1,0
Hexametyldisiloxan	6,1	0,347	2,1
Hexametylcyclotrisiloxan	0,3	0,380	0,1
Oktametyltrisoloxan	0,8	0,357	0,3
Oktametylcyclotetrasiloxan	2,2	0,380	0,84
Decametyltetrasiloxan	0,4	0,362	0,145
Dekametylcyklopentasiloxan	1,6	0,380	0,6
Suma atomárního křemíku [mg/Nm³]			5,1

Při obsahu metanu v plynu ve výši 55 %-objemových v pohonném plynopotom vypočteme:

(5,1 mg atom. křemíku / Nm³ x 100%).

----- = 9,2 mg atomárního křemíku / 10kWh.

(55 % obsahu metanu)

Tento údaj je důležitou hodnotou při propočtech nákladů na údržbu plynového motoru.