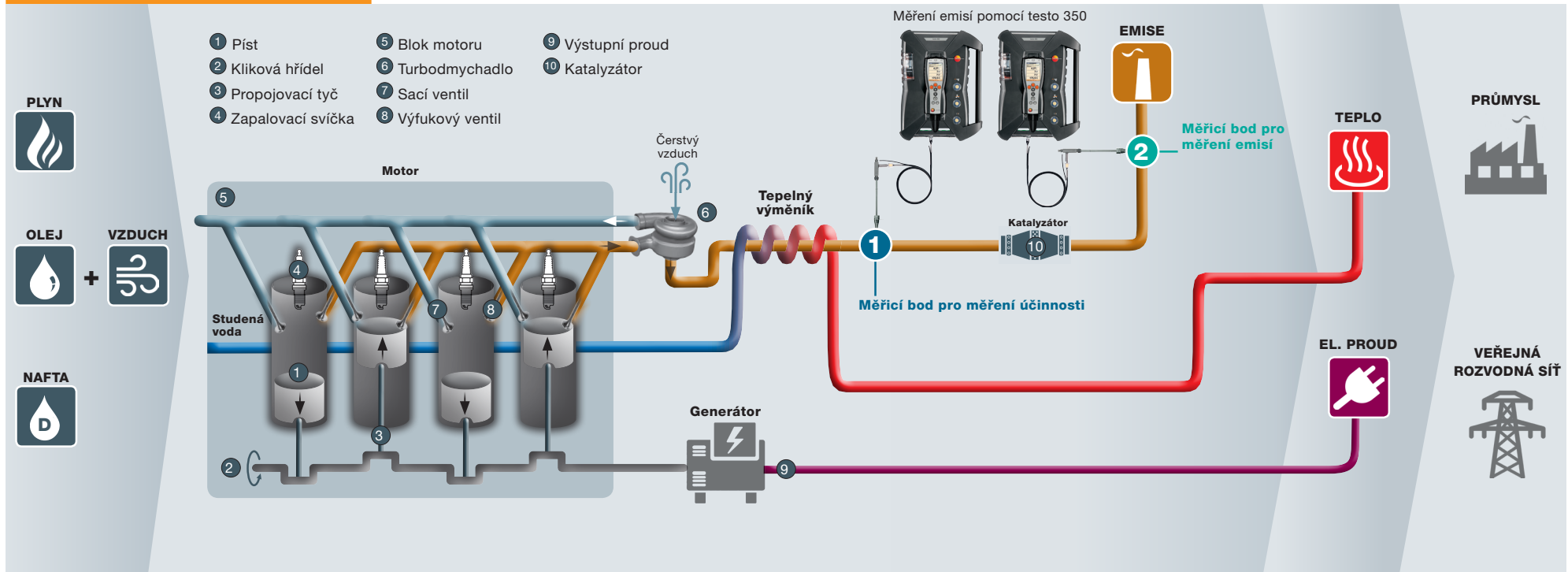


Princip kogenerační jednotky – KVET*

Schéma a funkce KVET



Typický spalovací proces v KVAT motoru

- I. Palivová směs je **nasána** sacím ventilem.
- II. Palivová směs je **komprimována** a zahřívána.
- III. **Zážeh** palivové směsi (zapalovací svíčkou u zážehového motoru, samovznícením u dieselového motoru).
- IV. Toto způsobí **rotační pohyb** klikové hřídele. Generátor převádí tento pohyb na elektrickou energii.
- V. Spaliny jsou poté **vytačeny** výfukovým ventilem ven.
- VI. **Turbodmychadlo**, poháněné spaliny, komprimuje vzduch, který je vháněn do motoru. Výsledkem je zvýšený výkon motoru, snížení spotřeby paliva a vylepšení úrovně emisí.
- VII. **Tepelný výměník** využívá tepla uloženého ve spalinách pro chod tepelného systému nebo je využíván pro generaci **výstupního tepla**.

* Obecně pro všechny motory; KVET = kombinovaná výroba elektřiny a tepla

Princip kogenerační jednotky – KVET*

Měření

Měřicí bod 1: měření účinnosti

Měřicí bod před kazalozátorem
(za turbodmychadlem)

Proč se toto měření provádí?

- Kontrola a inspekce účinnosti motoru
- Detekce chyb / analýza provozních podmínek motoru, vč. kontrolního systému
- Optimální nastavení motoru pro šetření paliva → účinnost baterie
- Správné nastavení vztahů mezi zapalováním, nadbytečným vzduchem atd. motoru

Typické vlastnosti spalin:

- **Teplota:** cca 650 °C
- **Přetlak:** až do cca 100 mbar (závisí na turbodmychadle a katalyzátoru)

Typické naměřené hodnoty s testo 350:**

Měřený parametr	Zemní plyn	Skládkový plyn	Olej
O ₂	8 %	5 ... 6 %	8 ... 10 %
NO	100 ... 300 ppm	100 ... 500 ppm	800 ... 1000 ppm
NO ₂	30 ... 60 ppm	90 ... 110 ppm	10 ... 20 ppm
CO	20 ... 40 ppm	350 ... 450 ppm	450 ... 550 ppm
CO ₂	10 %	13 %	7 ... 8 %
SO ₂		30 ppm	30 ... 50 ppm

** Motor s chudou směsí paliva

Praktická informace:

Přebytek vzduchu, tlak paliva, časování motoru, okolní teplota a vlhkost mohou mít značný vliv na úroveň emisí. V případě ladění motoru je nutné brát v úvahu všechny tyto faktory.



Měřicí bod 2: měření emisí

Měřicí bod za kazalozátorem
(u výfuku)

Proč se toto měření provádí?

- Zkouška účinnosti katalyzátoru
- Kontrola úrovně emisí (vzhledem k normám v dané zemi, např. TI Air ("TA-Luft"))

Typické vlastnosti spalin:

- **Teplota:** cca 250 °C
- **Přetlak:** ve spalinách se přetlak nevyskytuje
- **Množství NO_x:** cca 480 mg/m³ (typicky těsně pod hraniční hodnotou 500 mg/m³)

Typické naměřené hodnoty s testo 350:

Měřený parametr	Typ motoru	Hraniční hodnoty
CO	Zemní plyn	650 mg/m ³
NO + NO ₂	Vznětový (Diesel) <3 MW	4000 mg/m ³
NO + NO ₂	Vznětový (Diesel) >3 MW	2000 mg/m ³
NO + NO ₂	Jiný 4-dobý (zážehový)	500 mg/m ³
NO + NO ₂	Jiný 2-dobý (zážehový)	800 mg/m ³
O ₂	Referenční hodnota	5 obj.%
SO ₂		Standard IAW DIN 51603

Měřicí apertura

- Krátký, navařený kus s externím závitem
- Otvor s vnitřním závitem, přímo integrován do výfukového potrubí
- Různá řešení přírub



Praktická informace:

Tyto místa měření jsou v praxi obvykle přístupná pouze za využití žebříku, plošiny apod.

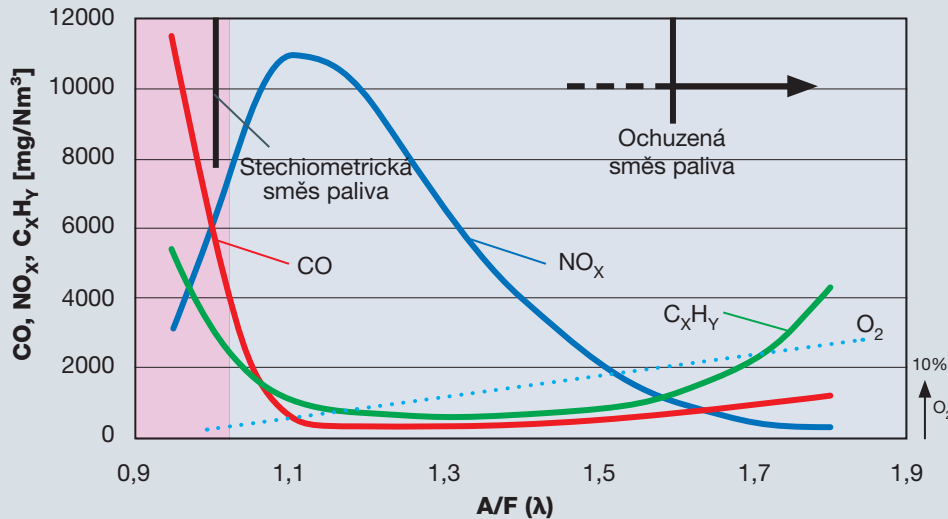


* Obecně pro všechny motory; KVET = kombinovaná výroba elektřiny a tepla

Princip kogenerační jednotky – KVET*

Teoretické podklady 1

Vývoj emisí v závislosti na hodnotě λ



Obecně:

Křiva grafu se mění dle toho, jaký je poměr paliva a vzduchu.

NO_x:

NO_x = NO + NO₂ → oddělené měření NO_x

- NO₂ komponenty mohou velice kolísat
- Skládají se z palivového NO_x a tepelného NO_x
- Nejvyšší možná hodnota NO_x = nejvyšší možná mechanická účinnost

C_xH_y:

C_xH_y + O₂ → CO₂ + H₂O (rovnice pro spalování)

Motory s obohacenou směsí paliva ($\lambda \leq 1$)

Vlastnosti:

- Motory s nedostatkem vzduchu ($\lambda = 1$): palivo není využíváno efektivně
- Typické aplikace: kompresorové stanice, např. přeprava plynu (srovnatelné s benzínovým motorem v autě)
- Typický pracovní rozsah: $\lambda \sim 0,85 \dots 0,95$

Výhody / nevýhody:

- + Vysoká hustota výkonu
- + Pořizovací cena je nižší než u motorů s ochuzenou směsí paliva
- + Bezpečný provoz
- Vysoká spotřeba paliva
- Vysoká úroveň emisí (nejsou-li kontrolovány)
- Nevhodné pro využití bioplynu

NO_x (oxidy dusíku):

NO_x ≤ NO_x max.:

Malá složka NO_x díky neúplně spálenému nebo nespálenému palivu (HC)
→ Žádný max. vývoj teploty (malá generace tepelného NO_x)

C_xH_y nebo HC (uhlovodíky, např. metan):

Díky nedostatku kyslíku nedochází ke spálení veškerého paliva (HC)
→ Vysoká hodnota C_xH_y

CO (oxid uhelnatý):

Nedostatek kyslíku ve spalovacím procesu vede k neschopnosti převodu všech molekul CO na CO₂. Výsledkem je, že palivo opustí motor neúplně spálené nebo nespálené.
→ Vede k vysoké spotřebě paliva (HC skluz)

Motory s ochuzenou směsí paliva ($\lambda > 1$)

Vlastnosti:

- Motory s přebytkem vzduchu → Palivo je využíváno efektivně
- Typické aplikace: dodávka elektřiny pro nemocnice, vládní budovy, serverovny, čističky odpadních vod, důlní těžbu
- Typický pracovní rozsah: $\lambda \sim 1,05 \dots 1,3$

Výhody / nevýhody:

- + Vhodné pro využití bioplynu
- + Vysoká účinnost paliva
- + Nízká úroveň emisí
- Nízká efektivita

NO_x (oxidy dusíku):

NO_x > NO_x max.: Zvýšená úroveň O₂ vede ke snížení teploty ve spalovací komoře, tedy k nízkému obsahu NO_x (nižší obsah tepelného NO_x)

C_xH_y nebo HC (uhlovodíky, např. metan):

Je-li úroveň kyslíku příliš vysoká, klesne spalovací teplota natolik, že teplota plamene není již dostatečná na spálení veškerého paliva (HC)
→ Navýšená hodnota C_xH_y

CO (oxid uhelnatý):

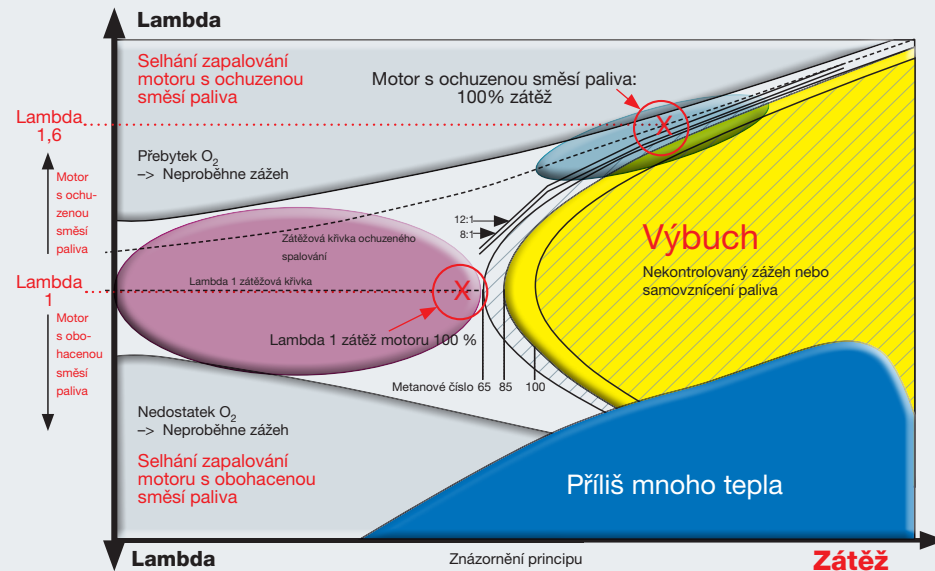
Přebytek kyslíku ve spalovacím procesu vede ke schopnosti molekul CO a O₂ vytvořit CO₂.
→ Přebytek kyslíku

* Obecně pro všechny motory; KVET = kombinovaná výroba elektřiny a tepla

Princip kogenerační jednotky – KVET*

Teoretické podklady 2

Správné nastavení motoru, aby se zabránilo "klepání" a "škvtání" motoru.



Možnosti nastavení motoru s obohacenou směsí paliva

Nesprávné nastavení poměru palivové směsi:
Závisí na zvolení zátěžového bodu a na hodnotách poskytnutých výrobcem motoru nebo emisními normami v dané zemi

-> Měření před/za TWR, viz Vysoké hodnoty NO_x před TWR

Vysoké hodnoty NO_x před TWR:

-> Vysoké teploty ve spalovací komoře: nastavte zapalování do "předchozí" polohy a zkontrolujte Lambda sondu

Vysoké hodnoty HC a/nebo NO_x po 3-cestném katalyzátoru (TWR):

Vysoké hodnoty NO_x nebo HC před TWR:

-> Chyba válce způsobená selháním zapalování: hořlavé složení plynu, okolní teplota a vlhkost, teplota a tlak hořlavého plynu, teplota vzduchu za turbodmychadlem atd.

Možnosti nastavení motoru s ochuzenou směsí paliva

Vysoké hodnoty NO_x před selektivní katalytickou redukcí (SCR):

-> Měření před/za SCR, viz Vysoké hodnoty NO_x před SCR

Vysoké hodnoty NO_x před SCR:

-> Bod zážehu příliš brzo
-> Posuňte bod zážehu dále

Nízké metanové číslo (časté kolísání u bioplynu):

-> Nízká zážehová teplota
-> Předčasné zapálení

Možnosti nastavení pro klepání:

-> Vyhoření (spalování a zbytky oleje) na stěnách zapalování

-> Předčasné zapálení

-> Nové motory mají senzory detekující klepání

-> Dopad kamínků, rachot řetězů atd. může vést k chybnému vyhodnocení situace senzorem

POZOR:

Nastavení příliš brzkého "bodu zážehu" vede ke klepání motoru, nastavení příliš daleko vede ke škvtání motoru -> přesné nastavení je možné pouze s měřicím přístrojem. "Orientační hodnoty" mohou mít také vliv na další parametry (např. mazivo, teplotu atd.), což může vést ke zvýšenému opotřebení.

Motor s obohacenou směsí paliva

Bezpečný provoz motoru

- Velká oblast pro nastavení motoru

Selhání zapalování

- Velice vzácné u motorů s obohacenou směsí

Motor s ochuzenou směsí paliva

Efektivní provoz

- Nezbytné přesné nastavení motoru za pomoci měřicího přístroje (testo 350)
- Malá oblast pro nastavení motoru

Selhání zapalování

- Častý výskyt při nesprávném nastavení motoru

Proč katalyzátor?

Obecně

Princip:

Katalyzátor urychluje chemické reakce snížením aktivační energie. Katalyzátor samotný není při takovém procesu spotřebováván.



Motor s oboh. směsí paliva

3-cestný katalyzátor (TWC):

- Řízený katalyzátor: je ovládán λ sondou (senzorem, který analyzuje poměr paliva-vzduchu ve spalovacím procesu)
- Snižuje emise až o 90%: CO, NO_x a HC
- Optimální pracovní rozsah: $\lambda \sim 0,98 \dots 0,998$

Motor s ochu. směsí paliva

Oxidační katalyzátor:

Snižuje emise CO a HC; nicméně nesnižuje emise NO_x

Selektivní Katalytická redukce (SCR) = DeNO_x:

Snižuje NO_x ve výfukových plynech

* Obecně pro všechny motory; KVET = kombinovaná výroba elektřiny a tepla