

Zajištění kvality emisních měření

Příspěvek k vyhodnocení uhlíkatých emisí ze spalování fosilních paliv, odpadů a biopaliv

Ing. Petr Braun

Cíle předložené práce

- V současné době se vyhodnocení uhlíkatých emisí provádí v souladu s povinnostmi stanovenými zákonem o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. ve znění prováděcích předpisů. Způsob zajištění spolehlivosti a řádné funkce kontinuálního měřicího systému při výpadku kontinuálního měření emisí musí být obsažen v provozním řádu zdroje znečišťování ovzduší.
- Popis postupu sledování provozu stacionárního zdroje a stanovení emisí pro případ výpadku kontinuálního měření emisí je požadován přílohou č. 12 k vyhlášce č. 415/2012 Sb. odst. 7.
- Cílem předložené práce je poskytnout při poruše, výpadku nebo nutném odstavení funkce CEMS alternativní zdroj hodnot emisí pro naplnění požadavků prováděcích předpisů k zákonu č. 201/2012 Sb., zejména přílohy č. 12 k vyhlášce č. 415/2012 Sb. odst. 7, použitím normovaných postupů prediktivního emisního monitorovacího systému (PEMS).

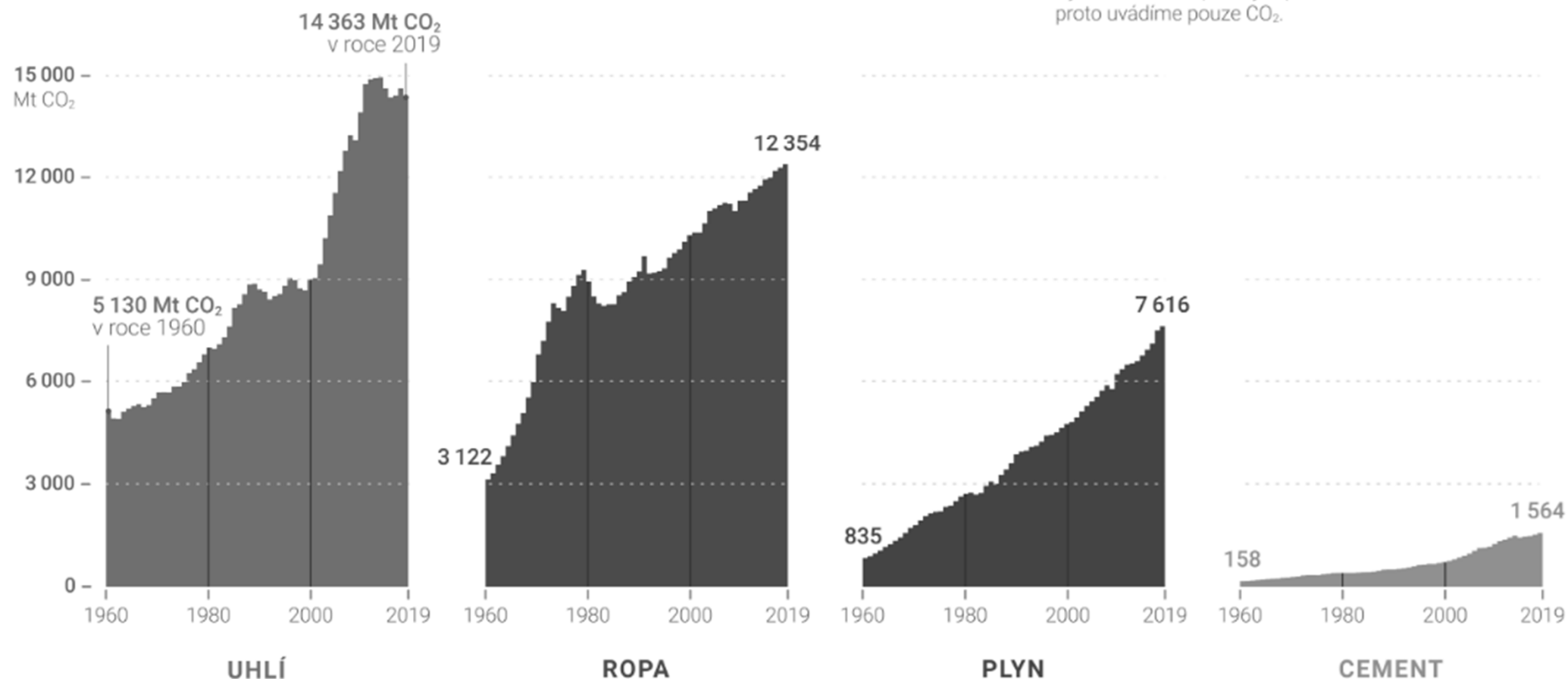
Důvody hledání předložených řešení

- Emise oxidu uhličitého (CO_2), metanu (CH_4), oxidu dusného (N_2O) a fluorovaných uhlovodíků jsou následkem lidských činností, jako spalování fosilních paliv, zemědělství a odlesňování. Tyto plyny brání úniku tepla ze zemského povrchu a podílí se tím na zvyšování teplotního gradientu změny globální teploty planety.
- Za posledních 60 let vzrostla světová emise CO_2 ze spalování uhlí, ropy a plynu čtyřnásobně. Pro dosažení uhlíkové neutrality je potřeba, aby emise klesly prakticky na nulu.

SVĚTOVÉ EMISE CO₂ Z FOSILNÍCH PALIV A VÝROBY CEMENTU

Emise CO₂ ze spalování fosilních paliv a výroby cementu byly v roce 2019 téměř **4× vyšší** než v roce 1960. Dosáhly hodnoty **36 miliard tun CO₂**.

Emise skleníkových plynů běžně zobrazujeme přepočtené na CO₂ ekvivalent (kvůli přítomnosti dalších plynů), tedy v jednotce CO₂eq. Zde jde přímo o emise oxidu uhličitého, proto uvádíme pouze CO₂.



Uhlíkaté emise ze spalování

- Základní emise uhlíkatých látek lze dělit na produkty spalování, jejichž emitované množství (hmotnostní tok) závisí přímo na množství a složení paliva (odpadu), a látky jejichž vznik záleží na vedení procesu spalování. Množství (koncentraci) lze použít jako indikátor kvality spalování a pro regulaci a vedení spalovacího procesu.
- Do skupiny produktů spalování ve skupině uhlíkatých látek řadíme zejména oxid uhličitý (CO_2).
- Do skupiny látek jejichž množství (tedy i koncentrace) závisí na vedení technologie spalování lze jednoznačně zařadit oxid uhelnatý (CO) a organické látky vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC).

Emisní příspěvky jednotlivých uhlíkatých látek

- Orientační příspěvky různých typů zdrojů emisí uhlíkatých látek

Emise	LCP t/r	Cement t/r	SKO t/r
CO	22,2	378	8,3
TOC	n/a	45	0,3
CO ₂	104.600	468.137	95.931
% Σ C / CO ₂	$2,12 \cdot 10^{-4}$	$9,03 \cdot 10^{-4}$	$8,96 \cdot 10^{-5}$

- Příklad citlivosti měření (odchyly) 1% měřicího rozsahu 0-25% CO₂ uvedené cementárny vyjádřené v tunách/rok:
 +/- 1% měřicího rozsahu analyzátoru CO₂ (0,25% CO₂) = 10.449 t/r

Emise uhlikatých sloučenin

- Hmotnostní podíl emisí CO₂ ze spalování fosilních paliv, odpadů a biopaliv je > 99,99 % všech uhlikatých emisí.
- Kvalita a přesnost měření veličin pro výpočet hmotnostního toku a celkové emise CO₂ (koncentrace a průtok) mají dominantní vliv na stanovení skutečné emise uhlikatých sloučenin.
- Důležité faktory, které se podílejí na správném určení celkové emise uhlikatých sloučenin jsou veličiny charakterizující dobu skutečné emise, která není shodná s dobou kontinuálního měření emisí (KME) podle zákona č. 201/2012 Sb. a jeho prováděcích předpisů, zejména vyhlášky č. 415/2012 Sb.

Emise uhlíkatých sloučenin

- Přestože je podíl ostatních uhlíkatých látek (CO a TOC) na celkové emisi prakticky zanedbatelný, požadavky na kvalitu měření jsou shodné s požadavky na kvalitu měření CO₂.
- Důvod je uveden v předchozím textu prezentace – jedná se o látky, jejichž vznik záleží na vedení procesu spalování a jejichž množství (koncentraci) lze použít jako indikátor kvality spalování a pro regulaci a vedení spalovacího procesu.
- Požadavky na kvalitu, průkaz jejího dodržení a metody trvalého dohledu jsou specifikovány v ČSN EN 14181 (834780) Stacionární zdroje emisí - Prokazování kvality automatizovaných měřicích systémů.

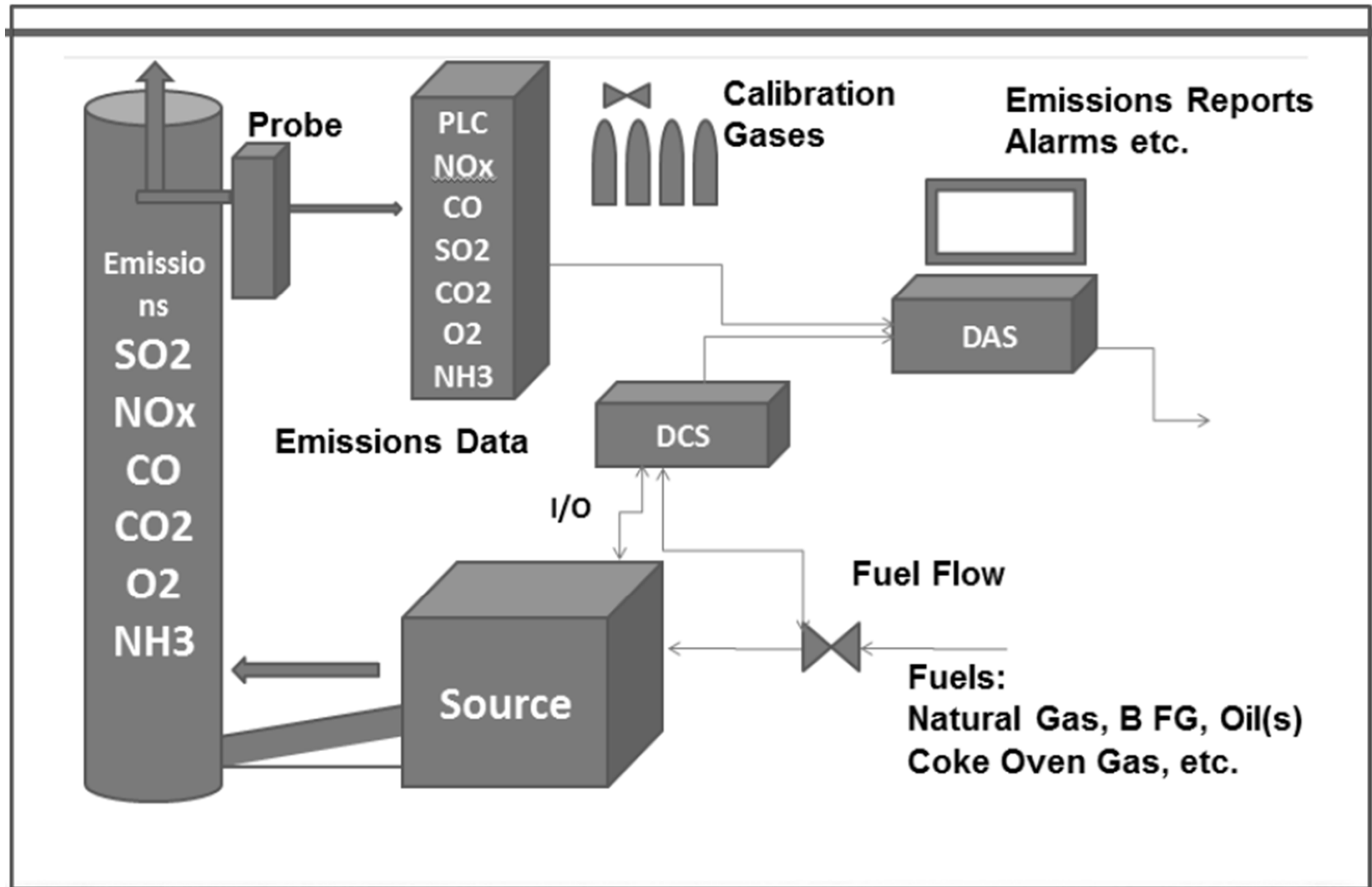
Možnosti řešení výpadků měření

- Návrh řeší redundanci měření emisí uhlíkatých emisí energetických zdrojů pomocí sofistikovaných metod odhadu a predikce hodnot.
- Praktické ověření funkce prediktivního emisního systému uhlíkatých látek lze provést na laboratorním modelu a prediktivní algoritmus vytvořit za pomoci programu MS Excel. Praktické ověření lze provést nasazením prediktivního algoritmu do vybrané hardwarové platformy (PLC) se skripty v programovém jazyce PLC a aplikací systému v celém výkonovém rozsahu energetického zdroje.
- Praktické použití výsledků práce je zavedení redundance měření do sofistikovaného emisního měřicího systému jako trvalé součásti zálohy měření pro vybrané látky pomocí prediktivního algoritmu vytvořeného postupem podle CEN/TS 17198:2017 Predictive Emissions Monitoring Systems (PEMS).

Data pro vytvoření PEMS

- Data pro vytvoření PEMS musí obsahovat všechny příslušné provozní režimy zařízení ovlivňující emise, které má PEMS předpovídat. Omezení údajů pro vývoj PEMS s ohledem na provozní režimy energetického zařízení musí být zdokumentovány a zahrnuty do PEMS jako omezení platnosti PEMS.
- Data pro vývoj PEMS lze sestavit pomocí údajů shromážděných během několika časově odlišných kampaní.
- Četnost (frekvence / intervaly) údajů procesních dat a údajů o emisích použitých pro budování systému PEMS musí být vyšší nebo alespoň rovna předpovědnímu cyklu systému PEMS.
- Údaje pro vývoj PEMS musí pokrývat časové období, které je dostatečné pro testování každého provozního režimu energetického zařízení, na který se použije PEMS.

Continuous emissions monitoring system - CEMS



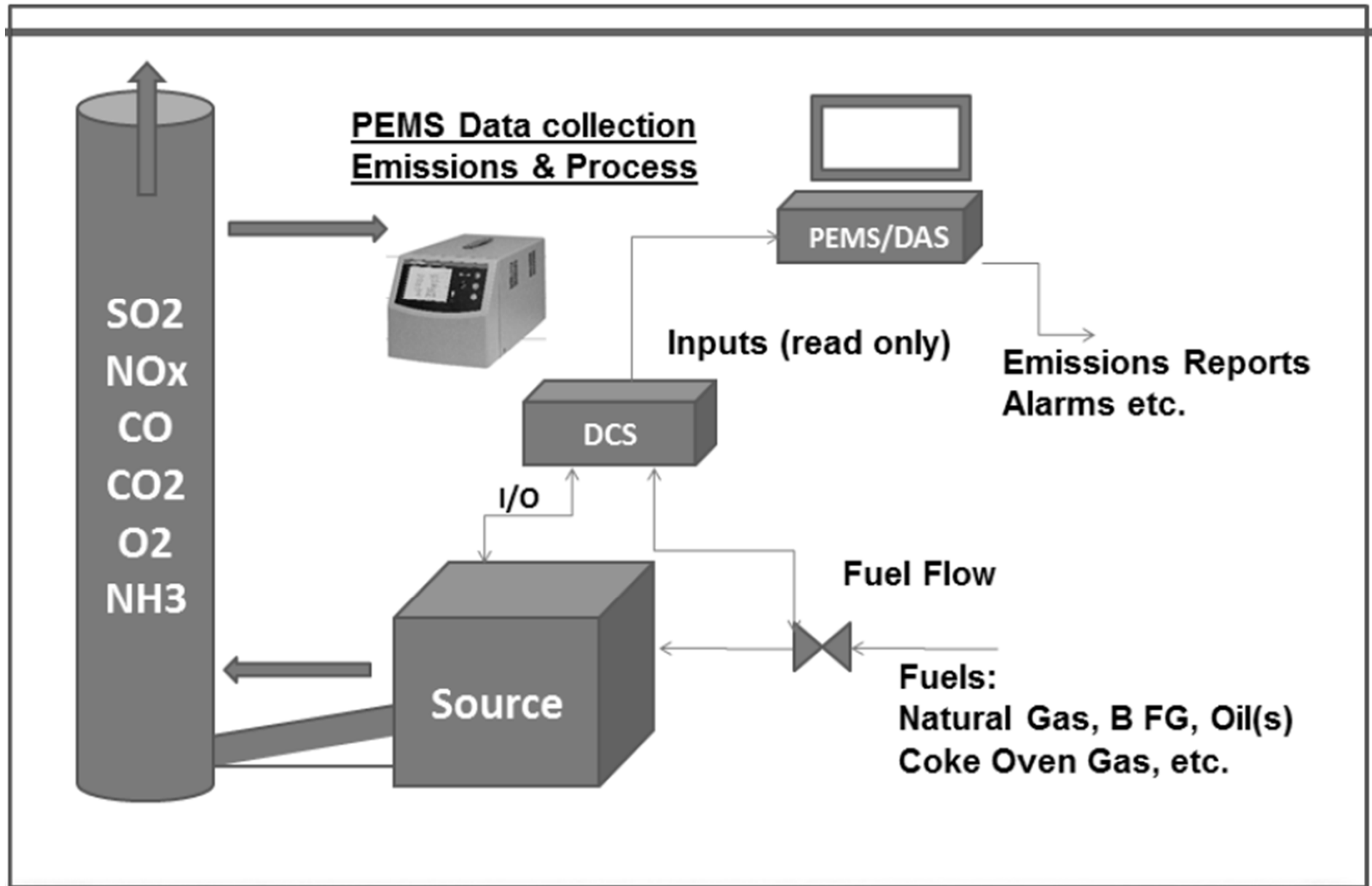
Analýza dat v Excelu

- Pro analýzu dat a jejich vzájemných závislostí lze použít nástroje korelace a kovariance, které je možné použít ve stejném nastavení, pokud je u sady parametrů pozorované N různých měrných proměnných. Nástroje korelace a kovariance poskytují výstupní tabulky, matice, která zobrazuje korelační koeficient nebo kovarianci mezi jednotlivými dvojicemi měřených proměnných. Rozdíl spočívá v tom, že korelační koeficienty jsou od -1 do $+1$ včetně. Korelační koeficient i kovariance jsou míry, jak se dvě proměnné "vzájemně liší".
- Nástroj kovariance testuje jednotlivé dvojice měřených proměnných a zjišťuje závislosti dvou měřených proměnných. Závislost znamená, že vysoké hodnoty jedné proměnné odpovídají vysokým hodnotám druhé proměnné (kladná kovariance), nebo že nízké hodnoty jedné proměnné odpovídají vysokým hodnotám druhé proměnné (záporná kovariance). Pokud jsou hodnoty obou proměnných nezávislé, bude kovariance blízká nule.

Metoda stanovení prediktivního algoritmu

- Výsledky analýzy kovariance kolekce provozních dat jsou použity pro výběr vhodných provozních proměnných, které vykazují vzájemnou závislost s emisí (prezentovanou koncentrací látky v jednotkách látkového množství mg/m^3) uhlíkatých látek.
- Míra této závislosti je následně určena vícenásobnou korelační analýzou. Výsledky této analýzy poskytnou podklady pro vytvoření „prediktivního algoritmu“ jako rovnice predikce vzniku emise uhlíkaté sloučeniny, kde jednotlivé korelační koeficienty dvojic proměnných určí citlivost (míru) příspěvku jednotlivých dvojic proměnných.

Predictive emissions monitoring systém - PEMS



Závěr

- Systémy prediktivního monitorování emisí (PEMS) jsou určeny pro kontinuální monitorování emisí u stacionárních zdrojů jako alternativa nebo záloha/náhrada dat pro automatizované měřicí systémy (AMS).
- PEMS definují vztah mezi řadou charakteristických procesních parametrů zdroje emisí a odpovídající koncentrací emisí. Pokud jsou charakteristické parametry procesu kontinuálně sledovány, je možné pomocí PEMS kontinuálně určovat emisní koncentraci zdroje emisí.
- Pokud jsou k dispozici charakteristické procesní parametry zdroje emisí je možné pomocí navržených metod rozšířit oblast sledovaných emisí na další společensky významné látky jako jsou oxid siřičitý (SO_2), oxidy dusíku (NO_x) a další látky, které mají nebo mohou mít přímou vazbu k provozním charakteristikám zdrojů znečišťování ovzduší.

Literatura

- Zákon č. 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší
- Vyhláška č. 415/2012 Sb. Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší
- CEN/TS 17198:2017 Predictive Emissions Monitoring Systems (PEMS)
- Predictive Emission Monitoring for Compliance and Process Optimization, Gene Simon and Bryan Bush CMC Solutions, February 17, EUEC 2015
- <https://faktaoklimatu.cz/temata/emise> - Fakta o změně klimatu
VEŘEJNĚ DOSTUPNÉ INFOGRAFIKY, DATA A ČLÁNKY