

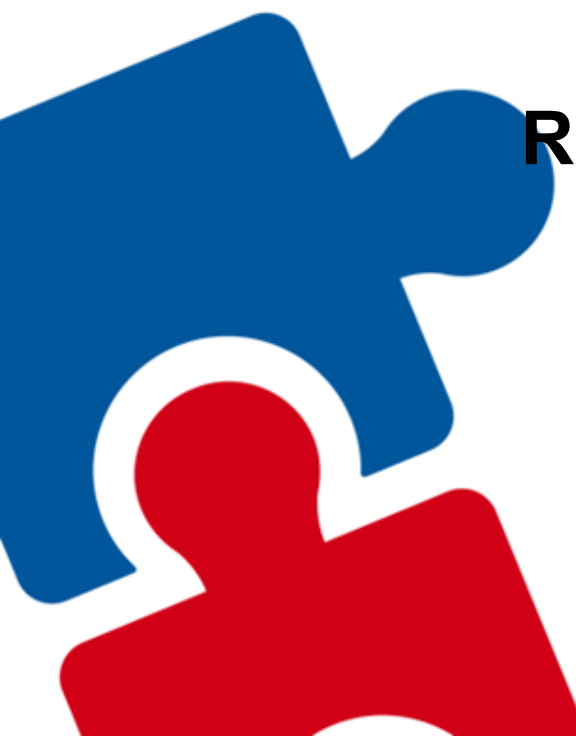
ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ  
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY  
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

# Jednorázové měření emisí

**RNDr. Svatopluk Krýsl, CSc.**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Jednorázové měření emisí

- **Emise** - vnášení látek do ovzduší (odpadní plyn s obsahem znečišťujících látek, který je odváděn řízeným způsobem nebo uniká do venkovní atmosféry ze zdrojů znečišťování ovzduší )
- Je to **děj**, který probíhá ustáleně, nerovnoměrně, cyklicky, nahodile
- **Zdroje** vypouštějící emise
  - bodové*: komíny, výduchy
  - plošné*: kamenolomy, ČOV, laguny, sídelní aglomerace
  - liniové*: dálnice, frekventované silnice
- **Hmotnostní tok** – je kvantitativním vyjádřením emise (například mg benzenu / rok)
- **Bodové zdroje** – jsou měřitelné na rozdíl od zdrojů fugitivních (prchavých)
- **Jak zjistit emise?** Pokud je to možné tak měřením, jinak též výpočtem, pokud nelze toto měření technicky zabezpečit
- Měření lze provést **jednorázovým způsobem** nebo **kontinuálním měřením**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Jednorázové měření emisí

- **Kontinuální měření** lze zajistit pomocí emisního měřicího systému (měření on-line), zařízení je osazeno přímo v komíně a vhodně proměřuje koncentraci znečišťujících látek v emisi odpadního plynu. Získaný soubor okamžitých hodnot slouží v výpočtu průměrných koncentrací a průtoků za určité období. Z těchto údajů se spočítá hmotnostní tok
- **Jednorázové měření emisí** – zde se sleduje specifická výrobní emise znečišťující látky ke vztažné veličině (např. hmotnost spáleného paliva)
- **Problémem** je zde získání dostatečného souboru údajů: rovnoměrný, ustálený průběh emisí dostatečně charakterizuje časový interval 6 h, v opačném případě 12h, pro cyklické procesy jsou dostatečné 3 cykly
- Kontinuální emisní měřicí systém se **ověřuje** pomocí jednorázových měření, s využitím tzv. referenčních metod (jde o metody poskytující správné výsledky) a statistické analýzy získaných dat

# Majoritní složky odpadních plynů a hlavní znečišťující látky

- **Kyslík** – obsah v atmosféře je velmi stálý ( $20,946 \pm 0,006$ ) %
  - jeho paramagnetická molekula není příliš stabilní, lze ji rozštěpit UV světlem za vzniku reaktivního atomárního kyslíku.
  - kyslík na rozdíl od dusíku lze dobře stanovit – je aktivní jak paramagneticky, tak elektrochemicky
- **Vodní pára** – přítomna ve formě páry nebo kapiček, je aktivní ve všech oblastech elektromagnetického záření. Její velká hustota (nas.pára  $100^{\circ}\text{C}:0,5974 \text{ kg/m}^3$ ) má ze všech plynů největší vliv na hustotu plynné směsi
  - její přítomnost při měření je vždy nepříznivá – proto je nutné při měření vodní páru odstraňovat
- **Oxid uhličitý** - koluje v biosféře jako součást fotosyntézy, rozpustný ve vodě a spoluurčuje její pH, hlavní produkt spalovacích procesů (od roku 1700 nárůst koncentrace z 275 – 375 ppm). Stanovitelný jak spektrálními (IČ spektrometrie), tak elektrochemickými metodami



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

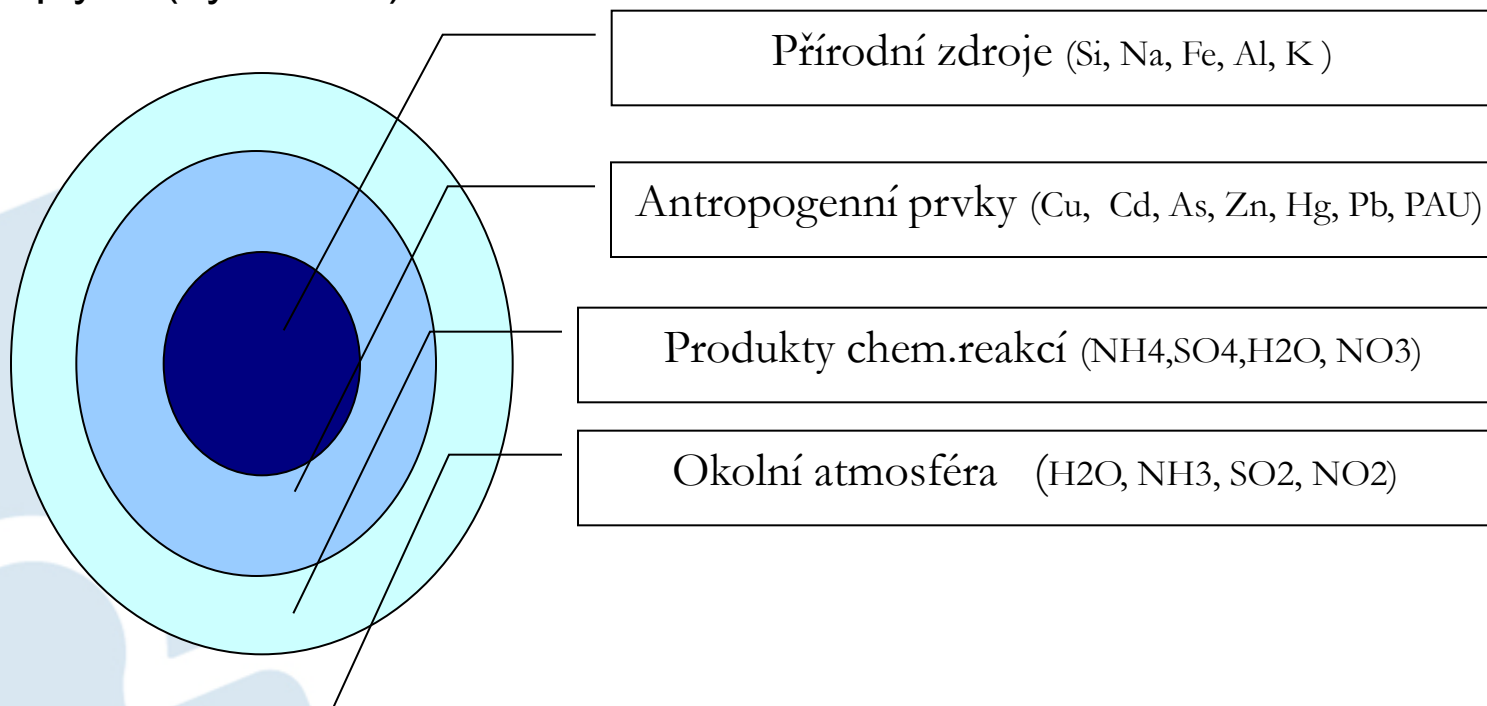
PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Majoritní složky odpadních plynů a hlavní znečišťující látky

- **Oxid uhelnatý** – vzniká při nedokonalém spalování uhlíku, je emitován např. automobily, lokálními topeništi, energetickým a metalurgickým průmyslem. Jeho toxicita je dána afinitou k hemoglobinu – vzniká karboxyhemoglobin. Lze jej dobře stanovit IČ spektrometrií
- **Oxid siřičitý** – přítomnost daná antropogenní činností, vzhledem k rozpustnosti ve vodě a reaktivitě podléhá koloběhu v přírodě (kyselý déšť), analyticky dobře stanovitelný – buď záchytem do oxidačně působícího roztoku – převod na síran (referenční analytická metoda) nebo spektrofotometricky – v UV oblasti (fluorescenční stanovení) nebo v IČ oblasti spektra
- **Oxid dusnatý a dusičitý** – při **spalovacích procesech** je emitován NO (velmi dobře měřitelný buď v IČ oblasti nebo chemiluminiscencí v UV)
- Za přítomnosti kyslíku částečná oxidace na NO<sub>2</sub>:  
$$2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2,$$
- **v atmosféře** za přítomnosti slunečního záření vzniká kaskáda reakcí:
- fotolýza NO<sub>2</sub>:  $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$
- tvorba ozónu:  $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$
- oxidace NO ozónem:  $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$  (rovnovážný stav)
- $\text{VOC} + \text{NO} \rightarrow \text{organické radikály}$  (přítomnost VOC vede ke kumulaci ozónu)

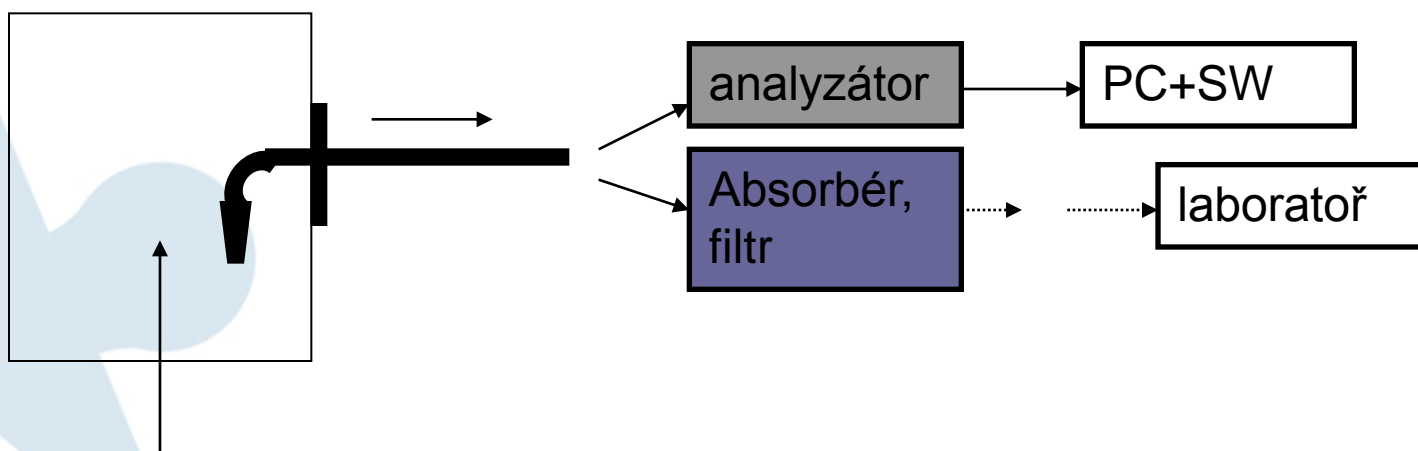
# Majoritní složky odpadních plynů a hlavní znečišťující látky

- **Tuhé znečišťující látky** – částice tuhého skupenství jakéhokoliv tvaru, struktury a hustoty rozptýlené v plynné fázi
- **Aerosol** je heterogenní směs malých pevných nebo kapalných částic v plynu (dým/mlha)



# Metody měření plynných a aerosolových složek emisí

- Extraktivní a neextraktivní metody analýzy plynů, kritérium je reprezentativnost vzorkování
- **Extraktivní metody:** odebíráme ze sledované matrice čerpáním do analyzátoru nebo do odběrového zařízení (odstraňujeme přitom vodní páru)



- **Neextraktivní metody:** metody měření *in situ*, tj. bez odběru či zásahu do matrice, čidlo je přímo v místě odběru a je „omýváno“ procházejícím plynem

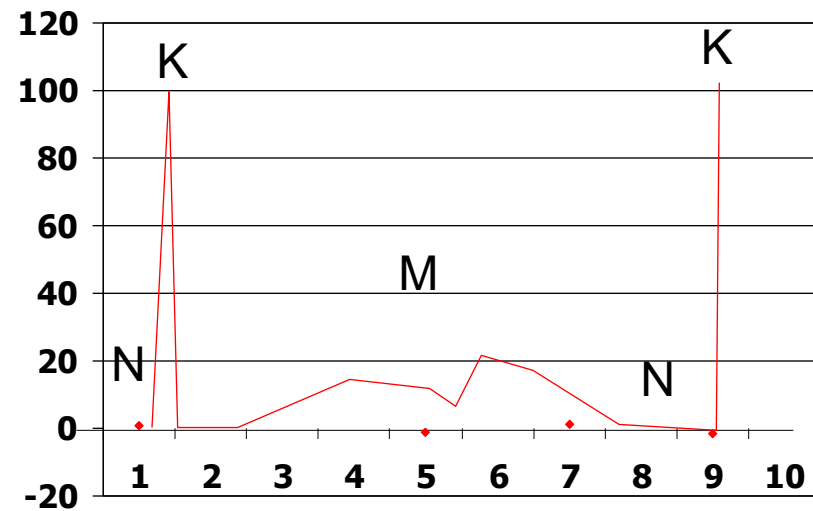
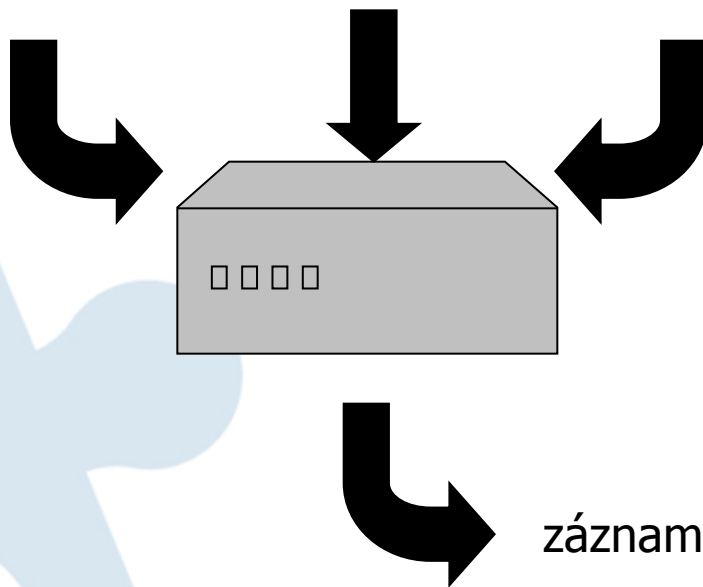
# Metody měření plynných složek emisí

- Analyzátořy**

Nulovací plyn

Měřený plyn

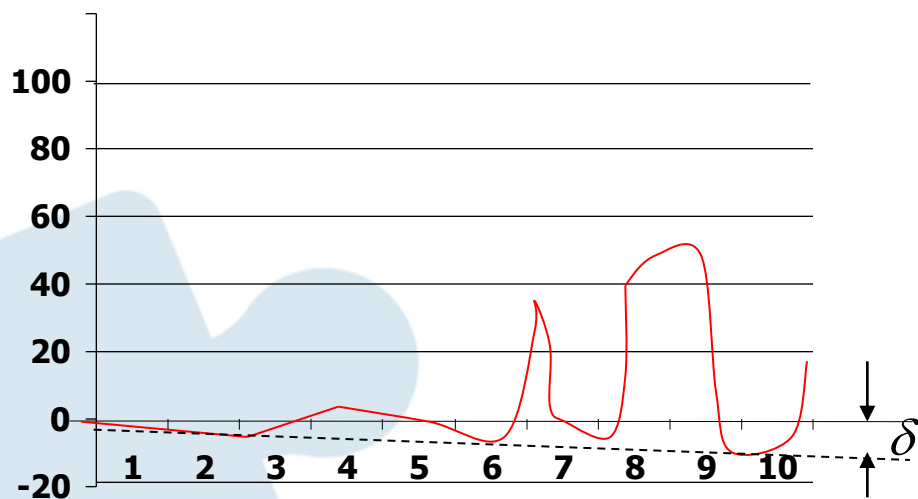
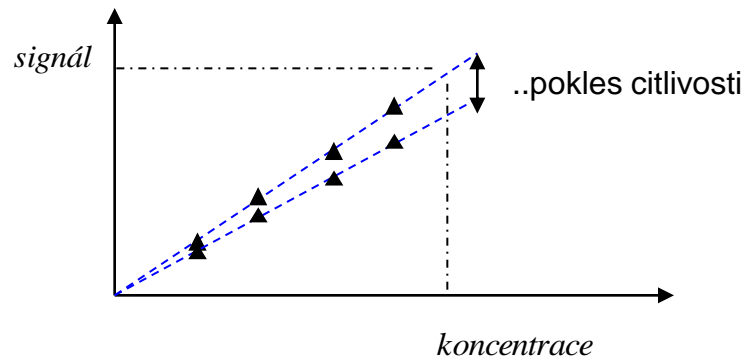
Kontrolní plyn



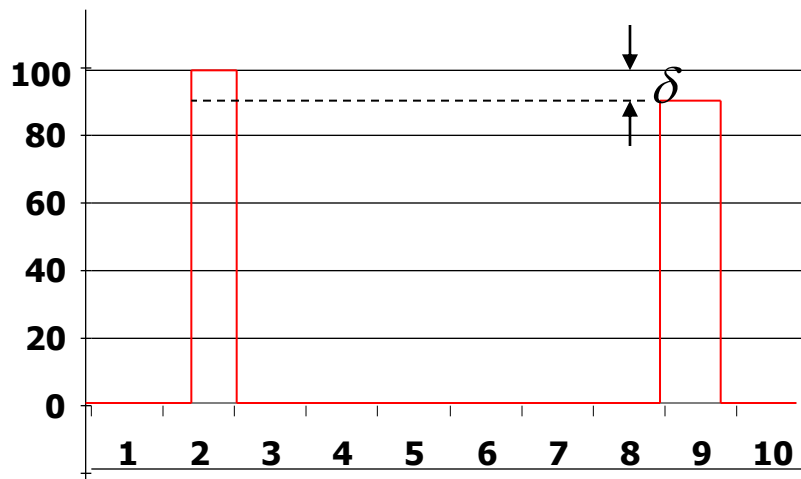


# Metody měření plynných složek emisí

veličiny charakterizující vlastnosti analyzátoru



$\delta$  ....drift nuly



$\delta$  ....drift kalibračního bodu



evropský  
sociální  
fond v ČR



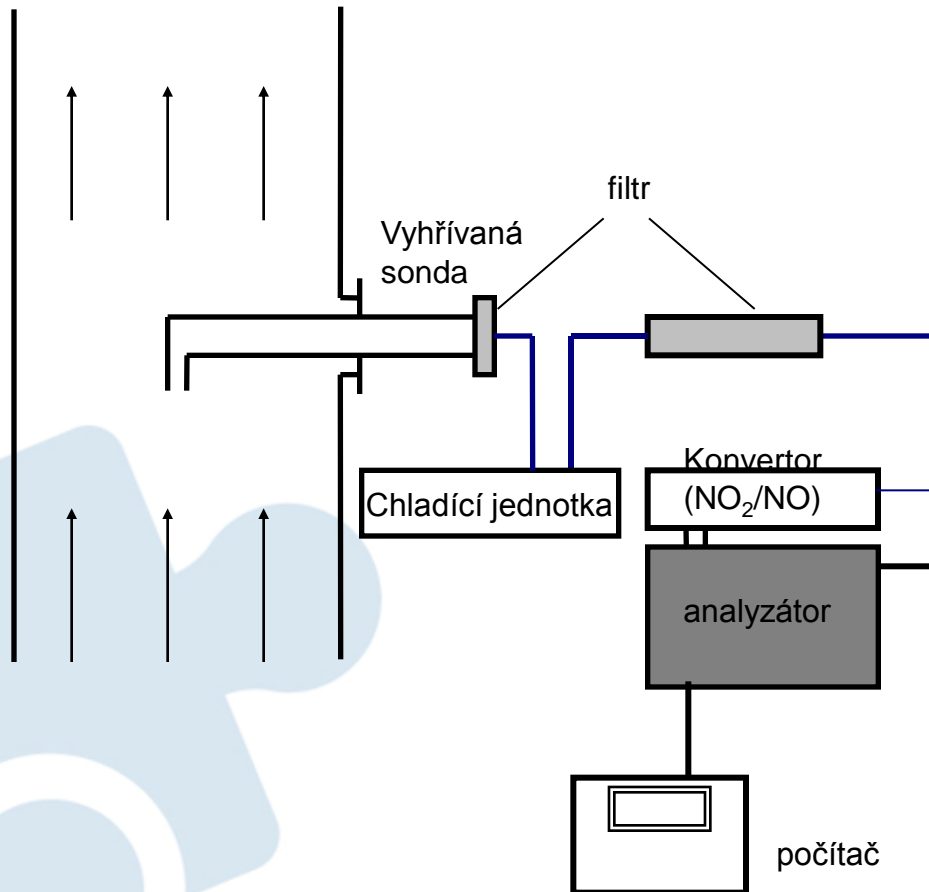
EVROPSKÁ UNIE



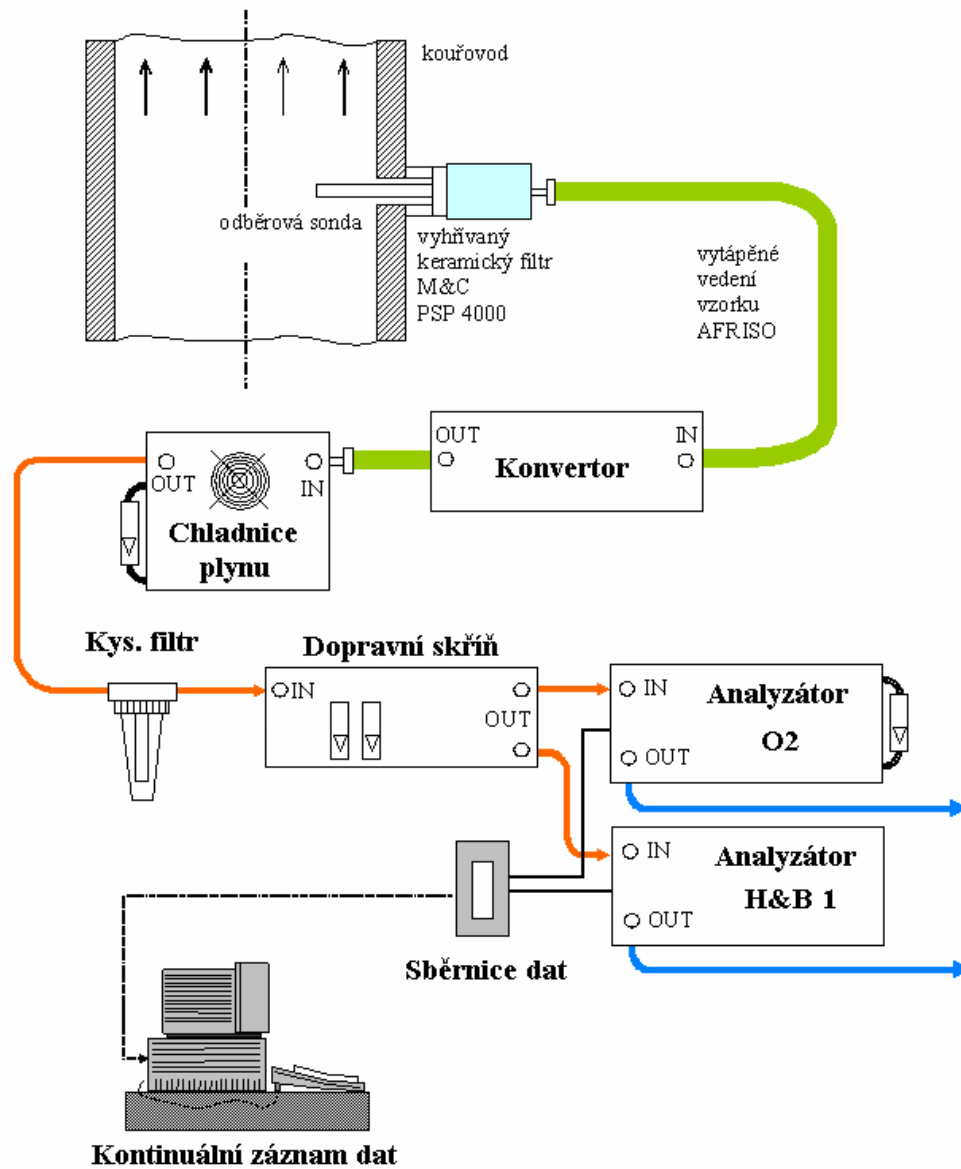
OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

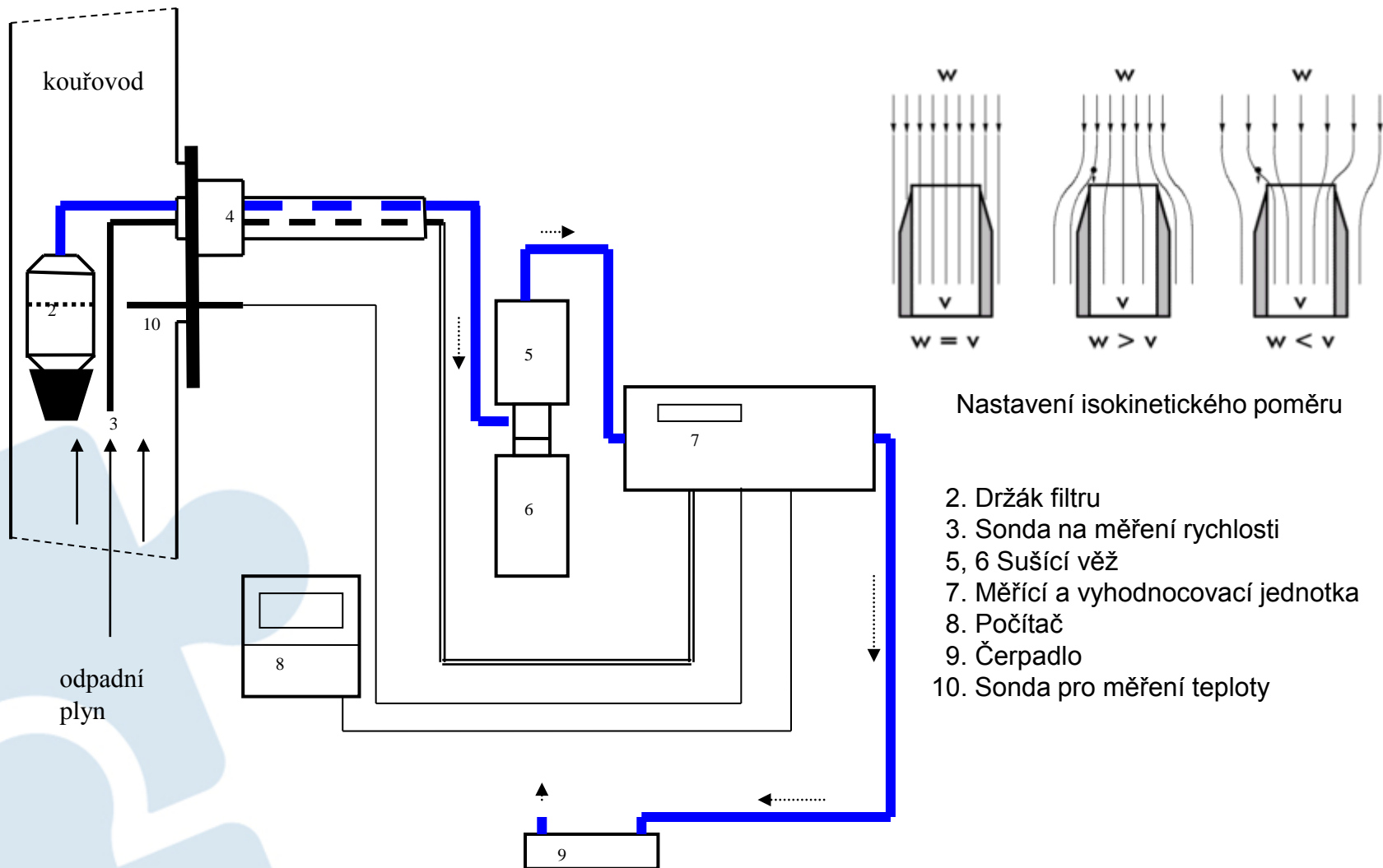
# Metody měření plynných složek emisí

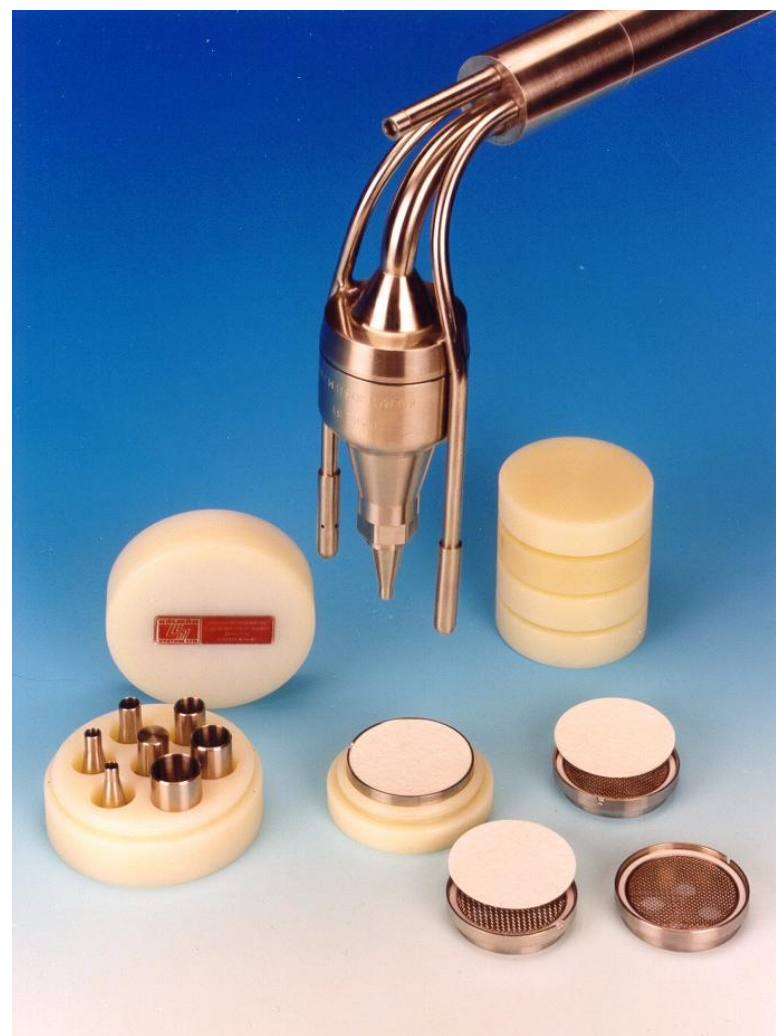


Nedisperzní infračervená absorpce  
s cross-flow modulací,  
NO<sub>x</sub> chemiluminiscence,  
O<sub>2</sub> paramagnetický principi



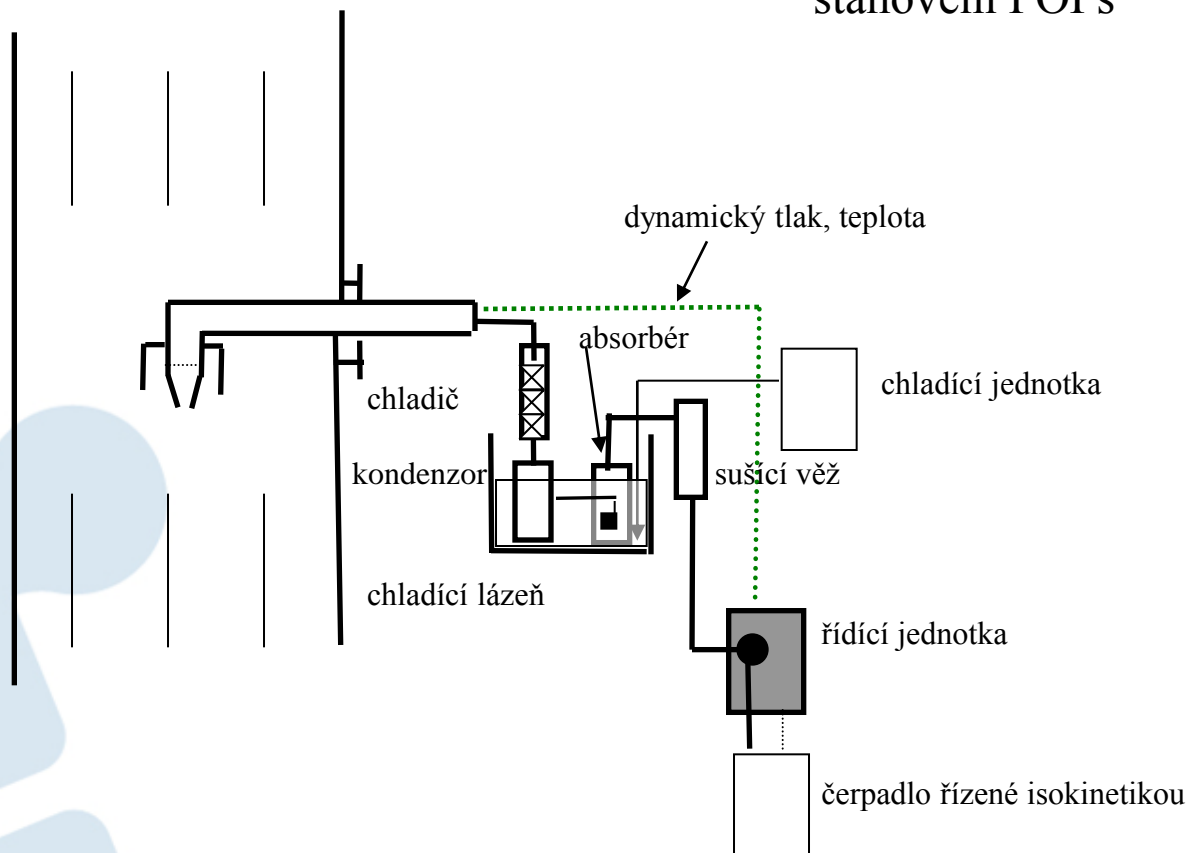
# Metody měření aerosolových složek emisí (TZL)





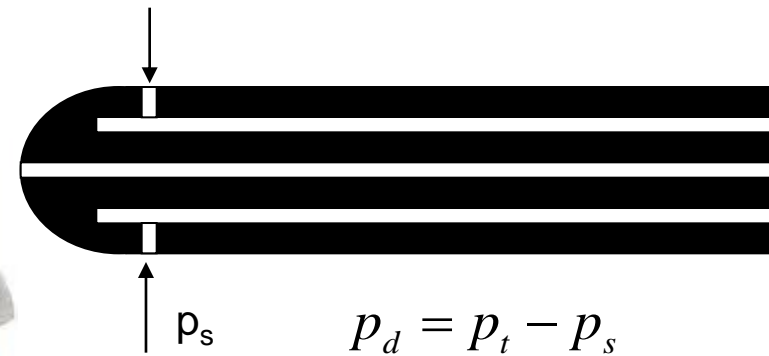
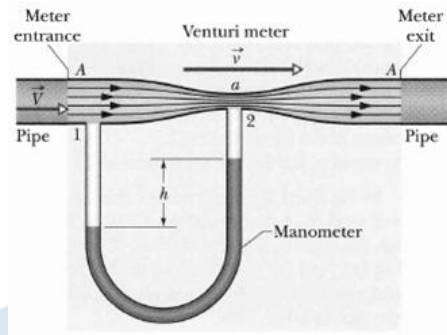
# Metody měření aerosolových složek emisí (PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB)

filtračně kondenzační způsob odběru vzorku pro  
stanovení POPs



# Metody měření doprovodných veličin

- **Měření průtoku:** bubnové, membránové plynoměry
- **Venturiho trubice**

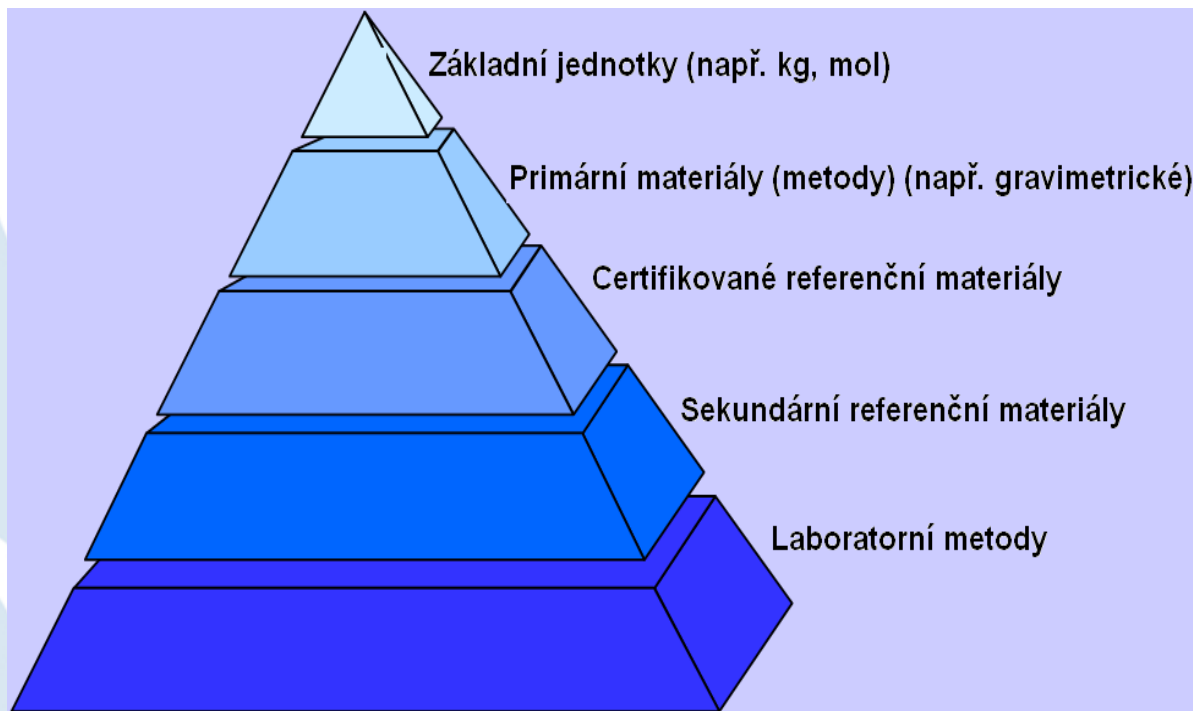


- **měření tlaku** (statického, dynamického, celkového)
- **měření teploty:** Pt články, obalové teploměry
- **měření vlhkosti:**
  - kondenzační metoda
  - psychrometrická



# Kalibrace při měření emisí

- **problém návaznosti, zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii:**
- „Návazností měřidel se pro účely tohoto zákona rozumí zařazení daných měřidel do nepřerušené posloupnosti přenosu hodnoty veličiny počínající etalonem nejvyšší metrologické kvality pro daný účel.“





# Kalibrace při měření emisí

- návaznost a její prokázání
- stanovení kalibrační funkce
- příklad výsledku kalibrace analyzátoru NOx:

Číslo měření	Měřidlo	Etalon	Odchylka	Nejistota kalibrace
č.m.	x	c	$\Delta = x - c$	U
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
1	2,7	0,0	2,7	-
2	382,9	380,8	2,1	8,1
3	771,1	761,6	9,5	15,8
4	1147,1	1142,4	4,7	21,7
5	1526,5	1523,2	3,3	29,0
6	1907,7	1904,0	3,7	35,9

Regresní koeficient lineární kal. závislosti:  $r = 0,999991$

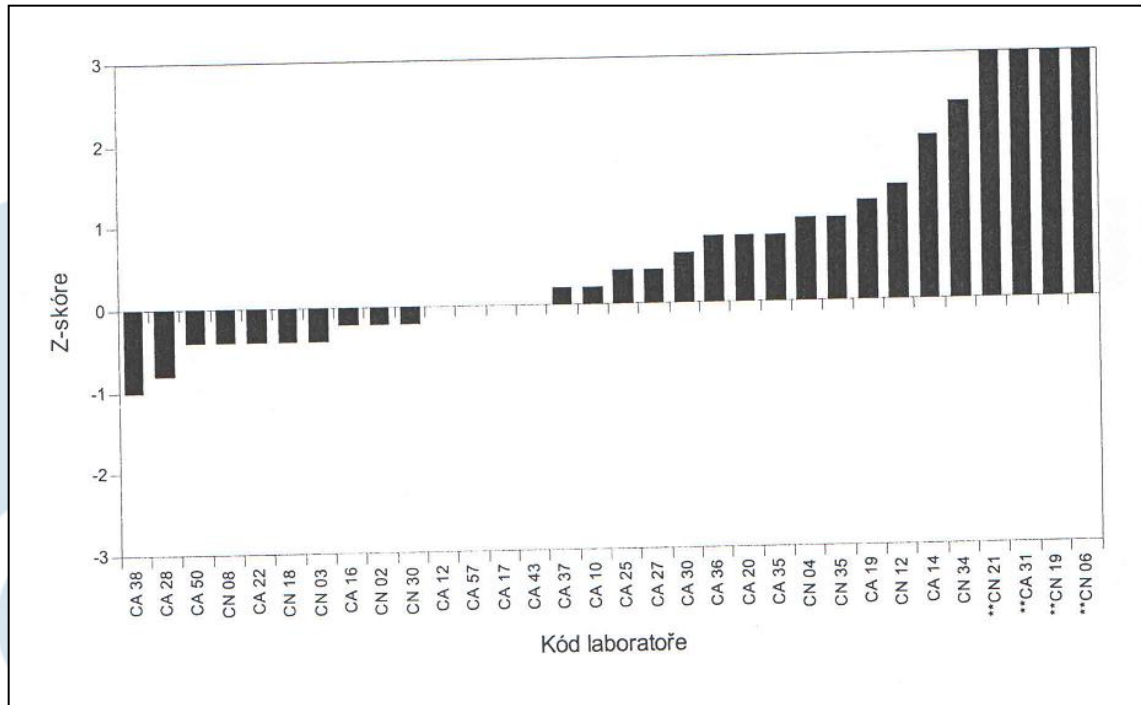
# Kalibrace při měření emisí

- návaznost a její časové omezení – největší z problémů emisních laboratoří : stanovení kalibračních intervalů

popis položky zkušebního a měřicího zařízení	kalibrace	pravidelná kontrola	občasná kontrola	prodlužování kal.intervalu	ověřovací interval (roky)	způsob kontroly
<i>Analyzátory plynů</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>		<i>ne</i>	2 (1)	<i>kontrola RM</i>
<i>kalibrační plyny</i>	<i>ano</i>		<i>ano</i>			<i>pomocí metrologicky navázaného plynu</i>
<i>teploměry digitální</i>	<i>ano</i>		<i>ano</i>	<i>ano</i>	2	<i>etalon</i>
<i>teploměry tyčinkové</i>	<i>ano</i>		<i>ano</i>	<i>ano</i>	5	<i>etalon</i>
<i>čidla vlhkosti</i>	<i>ano</i>		<i>(ano)</i>	<i>ne</i>	2	
<i>mikromanometry</i>	<i>ano</i>		<i>ano</i>	<i>ano</i>	2	<i>etalon</i>
<i>měřidlo objemu</i>		<i>ano</i>			x	<i>vizuálně</i>
<i>zařízení pro měření průtoku vzorku</i>	<i>ano</i>			<i>ne</i>	2	
<i>plynoměry</i>	<i>ano</i>	<i>(ano)</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	1 (2)	<i>etalon</i>
<i>ředicí zařízení olfaktometru</i>	<i>ano</i>			<i>ne</i>	1	
<i>Prandtlova sonda</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>			x	<i>vizuálně</i>
<i>etalonové závaží</i>	<i>ano</i>			<i>ne</i>	1	
<i>analytické váhy bez autokalibrace</i>	<i>ano</i>		<i>ne</i>	<i>ano</i>	3 měsíce	

# Mezilaboratorní porovnání

- účastník mezilaboratorního porovnání provede měření plynu v tlakové lahvi, popř. prašnosti na prašné trati
- organizátor MPZ pak vyhodnotí předané výsledky účastníků vzhledem ke vztažným hodnotám
- způsob vyhodnocení výsledků je dán stanovením relativní odchylky od vztažné hodnoty – tzv. z-skóre



Výsledky porovnání  
emisních laboratoří při  
měření oxidu  
dusnatého

(ALME-OR-1/11)

$$Z_{\text{skóre}} = \frac{c_l - c_{\text{vztažná}}}{\frac{c_{\text{vztažná}}}{\sigma}}$$

$$Z_{\text{skóre}} < \pm 2$$

$$\pm 2 < Z_{\text{skóre}} < \pm 3$$

# Akreditace emisních laboratoří

Dvě normy, které vydala evropská akreditace:

- **ČSN EN ISO/IEC 17025** Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- **ČSN P CEN /TS 15675** Kvalita ovzduší - Měření emisí ze stacionárních zdrojů
  
- V současné době je akreditováno cca 42 emisních skupin, jsou presentovány zkušenosti z auditů třetiny z nich.
- Obecně se dá konstatovat, že příprava u poloviny z tohoto počtu proběhla velmi zodpovědně, některé ze skupin využili odborné poradce. Ti však ne vždy přispěli k nastavení vyšší úrovně přípravy.
- Nejčastější neshody se netýkaly měření koncentrace plynů, spíše se týkaly odběrů, technického stavu odběrových souprav, isokinetiky a úrovně kvality poskytovaných subdodávek.



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Osoby pracující v laboratoři

## ČSN EN ISO 17025

- Způsobilost osob: kvalifikace (certifikace), plán vzdělávání /výcviku, smluvní vztahy (práce pod dohledem) odpovědnost za provádění zkoušek, hodnocení (odborná stanoviska, interpretace)

## ČSN P CEN/TS 15675:2009

- Požadavky na fyzickou kondici
- Práce ve výškách
- Používání ochranných prostředků
- Rizika: chemická, fyzikální
- Počasí a prostředí
- Pracovní pohoda - osamělost a únava (psychická odolnost)

## Poznátky z auditů:

- lékařské potvrzení - není problém
- Vybavenost laboratoře pracovními a ochrannými pomůckami – někdy nedostatečná
- Znalost bezpečnostních předpisů – certifikát získaný na základě odborného školení – zatím dosti opomíjený požadavek
- Další vzdělávání pracovníků: zatím neprobíhá na úrovni nutné pro obnovení osobní certifikace, někdy chybí plán vzdělávání, odbornost většinou zcela dostatečná, méně v oblasti kontroly kvality



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Prostory a podmínky prostředí

## ČSN EN ISO 17025

- Prostedí nesmí ovlivnit průběh zkoušek nebo vzorkování, monitorování podmínek prostředí, pořádek, úklid, přístup do prostor

## ČSN P CEN/TS 15675:2009

- Doprava zařízení a chemikálií na místo měření (světlo, teplo)
- Podmínky při odběru a měření (plošiny, střechy, osvětlení, výtahy)
- Výběr místa měření (viz ČSN EN 15259) i z hlediska bezpečnosti práce, znečištění vzorků, kontaminace měřících zařízení
- Omezení přístupu cizích osob

## Poznatky z auditů:

- Podmínky prostředí a technické možnosti měřící skupiny
- Kontejnery na přepravu vzorků - někdy nedostatečné vybavení pro daný účel
- Další manipulace se vzorky v laboratoři

# Zkušební metody a validace metod

## ČSN EN ISO 17025

- Laboratoř musí používat vhodné metody a postupy, mít k dispozici odhad nejistoty, systém kontrol a jejich statistiku (SOP, návody), vše dokumentované a aktuální

## ČSN P CEN/TS 15675:2009

Laboratoř musí použít metodu, která odpovídá danému technologickému procesu, dané legislativě a emisnímu limitu

## Dokumentované postupy musí zahrnovat

- plán měření
- jak bude daná metoda použita pro dané stanoviště
- časové a prostorové uspořádání
- měřící průřezy a stanoviště
- pracovníky, kteří budou provádět měření a kteří za ně odpovídají
- termíny

# Zkušební metody a validace metod

## Poznatky z auditů:

- Většinou laboratoře nepředkládaly ověření validačních charakteristik – tj. protokol o validaci, data byla neúplná a většinou i nevyhodnocovaná
- Důležité je mít k dispozici základní chemometrické charakteristiky: mez detekce, stanovitelnosti, měřicího rozsahu
- opakovatelnost, dlouhodobou reprodukovatelnost – ve formě regulačních diagramů
- výpočet nejistoty
- výsledky MPZ – v některých případech nebyly k dispozici, některé laboratoře se vůbec MPZ nezúčastňovaly!



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚŠTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



# Zkušební metody a validace metod

Poznatky z auditů:

- měření koncentrace plynů – v současné době zde není žádný problém, jsou využívány odpovídající metody, nastaven systém kontrol, zatím **méně využíváno statistické vyhodnocení kontroly pro aktualizaci nejistot**
- měření **doprovodných veličin**, vlhkost, teplota, tlak – v současné době bez problémů (v ojedinělých případech nebyly správně nakalibrovány psychrometry)
- **Vzorkování – nejvíce neshod**, problémy v nejednotném a někdy nesprávném způsobu odběru – viz též část Vzorkování
- **Gravimetrické stanovení** – jen cca polovina laboratoří má k dispozici automatizovaný systém pro isokinetické vzorkování !
- **Stanovení kovů** – požadavek na zařazení 3 absorbérů není často dodržován, kvalita absorbérů, nároky na čistotu skla a chemikálií

!

# Zařízení a návaznost měření

## ČSN EN ISO 17025

- Laboratoř musí mít prostředky pro vzorkování a měření, zařízení musí dosahovat potřebné správnosti, musí být obsluhováno oprávněnými osobami a musí být k němu vedená potřebná dokumentace

## ČSN P CEN/TS 15675:2009

- Požadavky na zařízení: musí splňovat **požadavky na materiál** (inertní povrch), mechanicky i tepelně odolné vůči prostředí
- Zařízení musí být vybaveno dobře **čitelnými identifikačními štítky**
- Musí být **čitelná historie jeho použití – provozní deník**
- Na stanovišti musí být zařízení **přezkoušeno**
- Zařízení musí být **pravidelně čištěno**

## Poznatky z auditů:

- pro **měření** koncentrace odpadních plynů jsou laboratoře dostatečně vybaveny
- pro **vzorkování** je vybavenost značně rozdílná – kladeny požadavky na materiál, vhodnou teplotu a těsnost
- požadavky na autentické záznamy o provozu zařízení – toto **ne vždy jednoznačně dokladováno** ! Stejně tak záznamy o údržbě

!



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Zařízení a návaznost měření

!

Otázka kvality používaných kalibračních plynů a prokázání návaznosti v rámci kalibrace v kalibrační laboratoři (pro dva různé kalibrační plyny)

plyn	nastavení na používaný ref.plyn	nastavení v KL (ppm)	odchylka (ppm)	odchylka (%)
SO <sub>2</sub>	467	461	6,0	1,3
	348	351	-3	-0,9
CO	441,0	455,0	-14,0	-3,1
	512,1	508,0	4,1	0,8
NO	433,0	450,0	-17,0	-3,8
	304,0	301,4	2,6	0,9

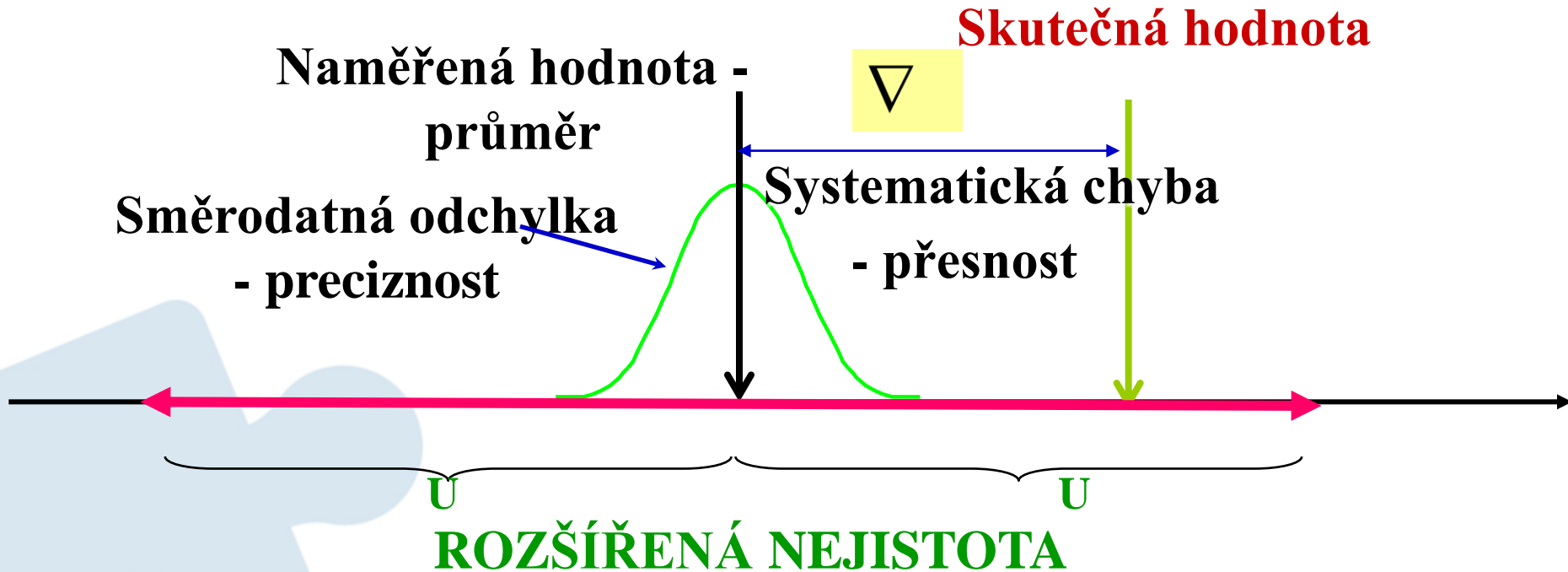
# Vyjadřování nejistot

## CHYBA x NEJISTOTA

- Je výsledek odhadem skutečné hodnoty nebo je to diskrétní hodnota, ke které lze přiřadit chybu měření?
- **CHYBA** – rozdíl mezi nalezeným výsledkem a skutečnou hodnotou → diskrétní hodnota
- **NEJISTOTA** - parametr související s výsledkem měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by bylo možno důvodně přiřadit měřené veličině.



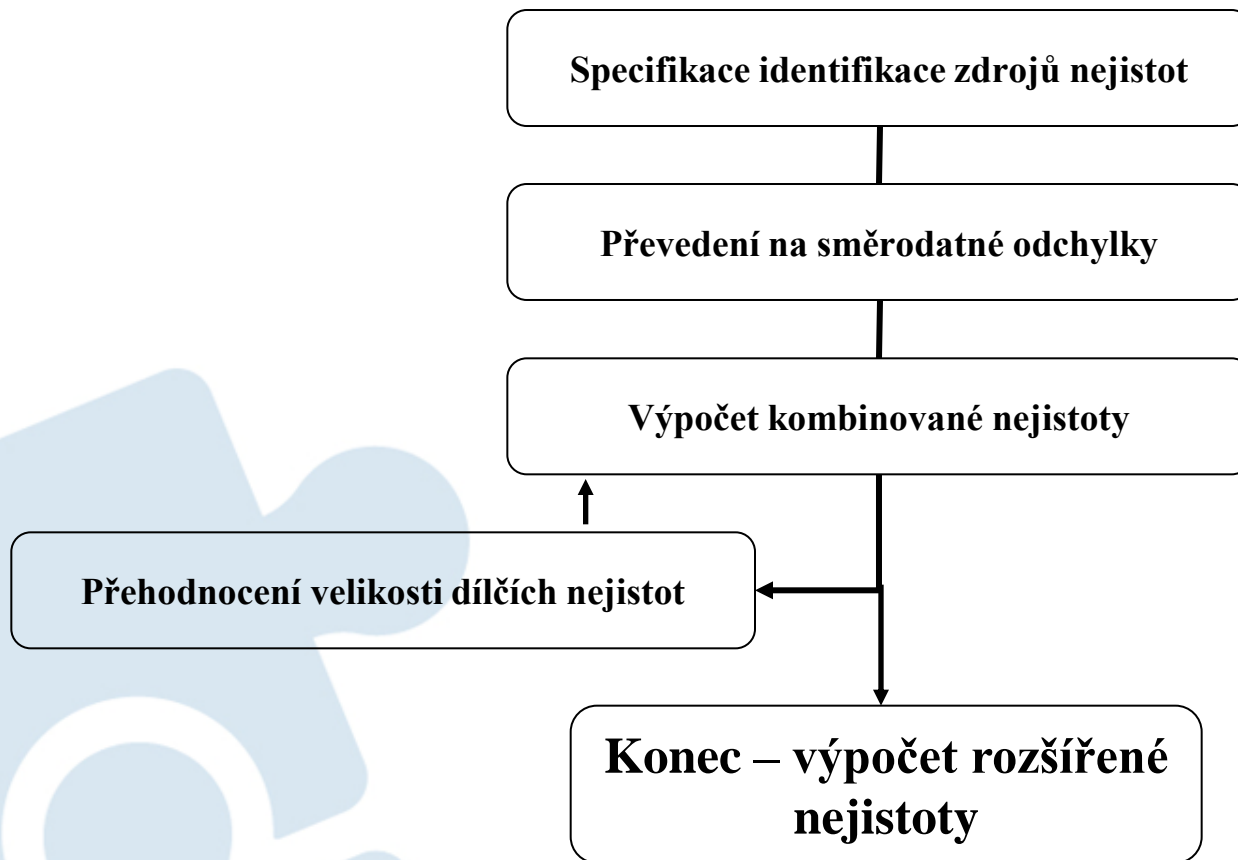
# Vyjadřování nejistot CHYBA x NEJISTOTA



# Vyjadřování nejistot

- Nejistoty typu A
  - jsou odhadnuty na základě statistického rozdělení výsledků série měření (vyjadřujeme výběrovou směrodatnou odchylkou)
  - Nejistoty typu B
  - Odhady založené na zkušenostech nebo jiných informacích – lze je převést na standardní odchylku podle typu
  - Nejistoty obojího typu jsou srovnatelné !
- Vyjadřují se jako kombinovaná standardní nejistota

# Vyjadřování nejistot



# Vyjadřování nejistot

## Tři typy procesů v emisích

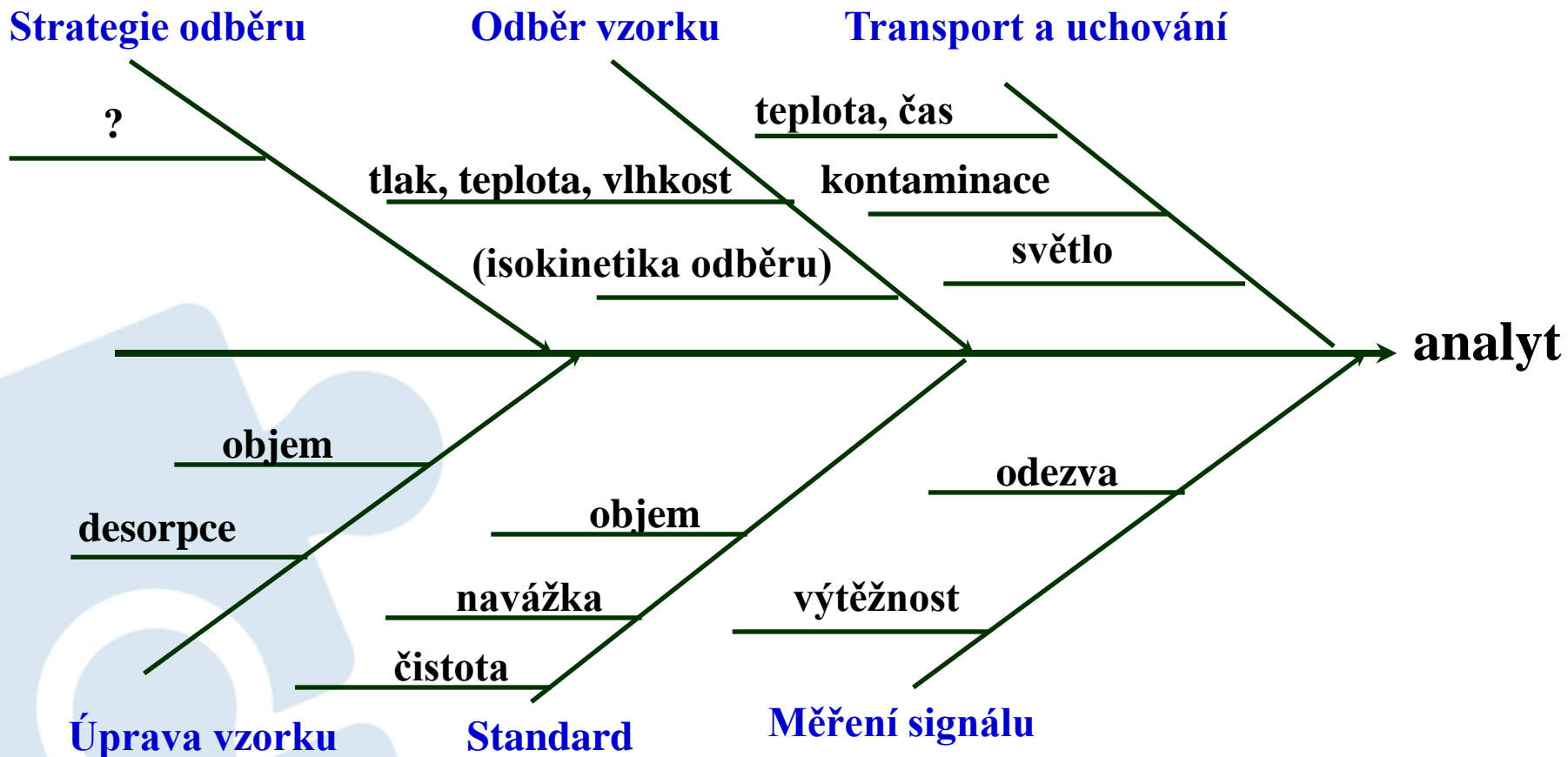
- manuální odběr odpadního plynu
- isokinetický odběr aerosolu
- měření analyzátory in situ

## Manuální odběr odpadního plynu – příklad: amoniak

- měření teploty na plynoměru
- měření tlaku na plynoměru
- měření objemu odsátého plynu
- měření vlhkosti
- těsnost odběrové aparatury
- účinnost absorpce
- Laboratorní stanovení



# Ishikawův diagram pro vzorkování chemických látek v emisích



# Příklad výpočtu nejistot gravimetrického stanovení TZL

Zdroj nejistoty	Charakteristika metody	Popis	Vyjádření dílčí nejistoty (rel.)	
			obecné	číselné
Strategie odběru	Kvalifikovaný odhad	$s_o$	0	0
Odběr vzorku	Isokinetika odběru	$d=\pm 5\%$ (při kolísání průtokové rychlosti $\pm 50\%$ ) <sup>1</sup>	$\pm d/\sqrt{3}$	2,9
	Účinnost záchytu	99,5% pro velikost částic cca 0,3 $\mu$ m	$\pm(100-99,5)/\sqrt{3}$	0,3
	Závislost na průtoku	nejistota kalibrace průtokoměru	$\pm u_{VK}$	1
	Teplotní závislost	nejistota kalibrace teplotních čidel	$\pm \Sigma u_{tk}$	0,5
	Tlaková závislost	nejistota kalibrace tlakových čidel	$\pm \Sigma u_{pk}$	0,5
	Obsah vody	$d=\pm 5\%$ chyba určení vlhkosti plynu v potrubí	$\pm d/\sqrt{3}$	2,9
Zjištění hmotnosti	Gravimetrické stanovení	směrodatná odchylka vyvážek slepých polních vzorků	$s_g=0,2$ mg	$s_g \times 100/\Delta m$
		Nejistota kalibrace vah	$\pm u_{kg}$	$0,006 \times 100/\Delta m$

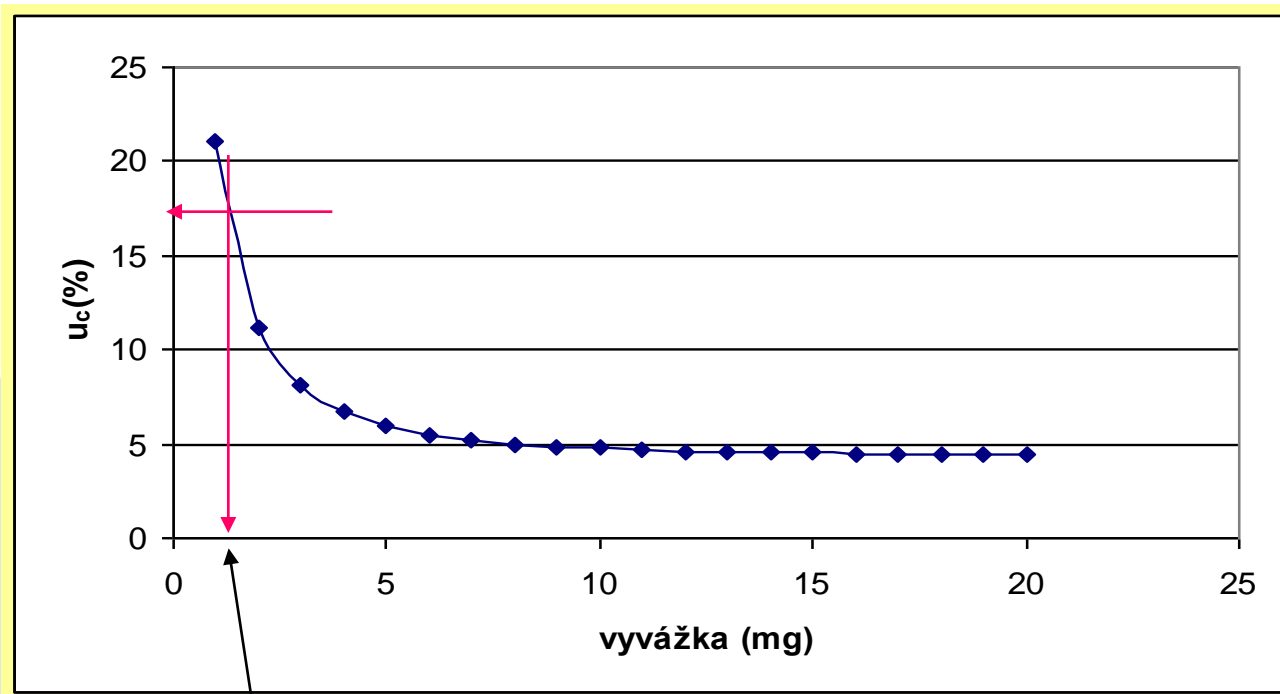
$$u_{c(\%)} = \sqrt{2,9^2 + 0,3^2 + 1^2 + 0,5^2 + 0,5^2 + 2,9^2 + (20/\Delta m)^2 + (0,6/\Delta m)^2} = \sqrt{18,41 + \frac{(20 + 0,6)^2}{(\Delta m)^2}}$$



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

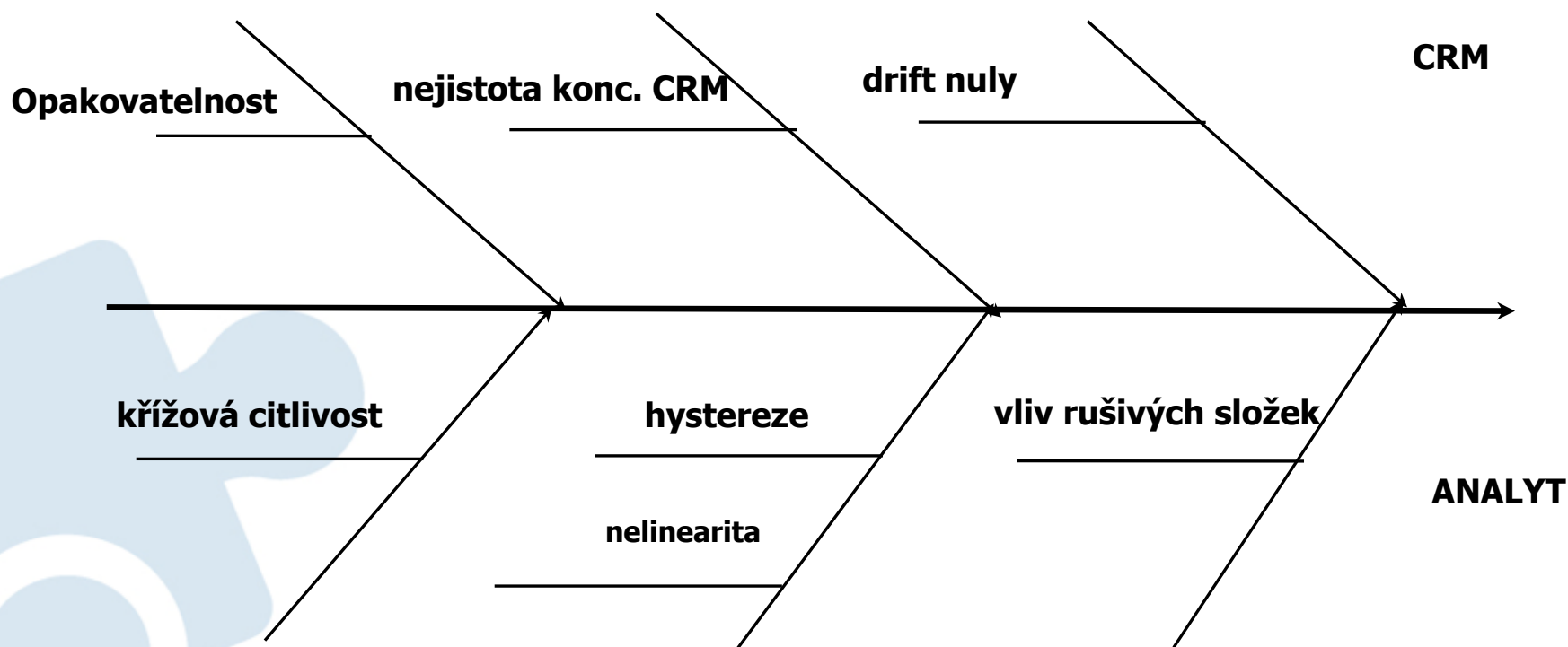
PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Závislost nejistoty na vyvážce – vztah k mezi detekce metody



Mez stanovitelnosti

# Ishikawův diagram pro měření odpadního plynu analyzátory



# Příklad výpočtu nejistot pro měření analyzátorů

Charakteristika metody	Popis	Vyjádření dílčí nejistoty
opakovatelnost	směrodatná odchylka opakovatelnosti při měření CRM	$s_{\text{reprod}}$
křížová citlivost	vliv jiných přítomných analytů na signál dle údajů či vlastních měření	$\Sigma(\Delta_i / \sqrt{3})$
drift nulovacího plynu	opakované měření nulovacího plynu - odchylka	$\Delta_{\text{zero}} / \sqrt{3}$
nelinearita	nejistota kalibrační přímky určená pro daný analyzátor	$U_{\text{lin}}$
nejistota kalibračního plynu	nejistota udaná výrobcem kalibračního plynu	$U_{\text{cal}}$
nejistota CRM	nejistota udaná výrobcem CRM	$u_{\text{CRM}}$
hystereze	odchylka signálu při opakovaném měření kalibračního a nulovacího plynu	$\Delta_{\text{cal,zero}} / \sqrt{3}$

$$u_c = \sqrt{s_{\text{reprod}}^2 + \sum_i \Delta_{i,\text{cross}}^2 / 3 + \Delta_{\text{zero}}^2 / 3 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{cal}}^2 + \Delta_{\text{cal,zero}}^2 / 3 + \Delta_{\text{CRM}}^2 / 3}$$



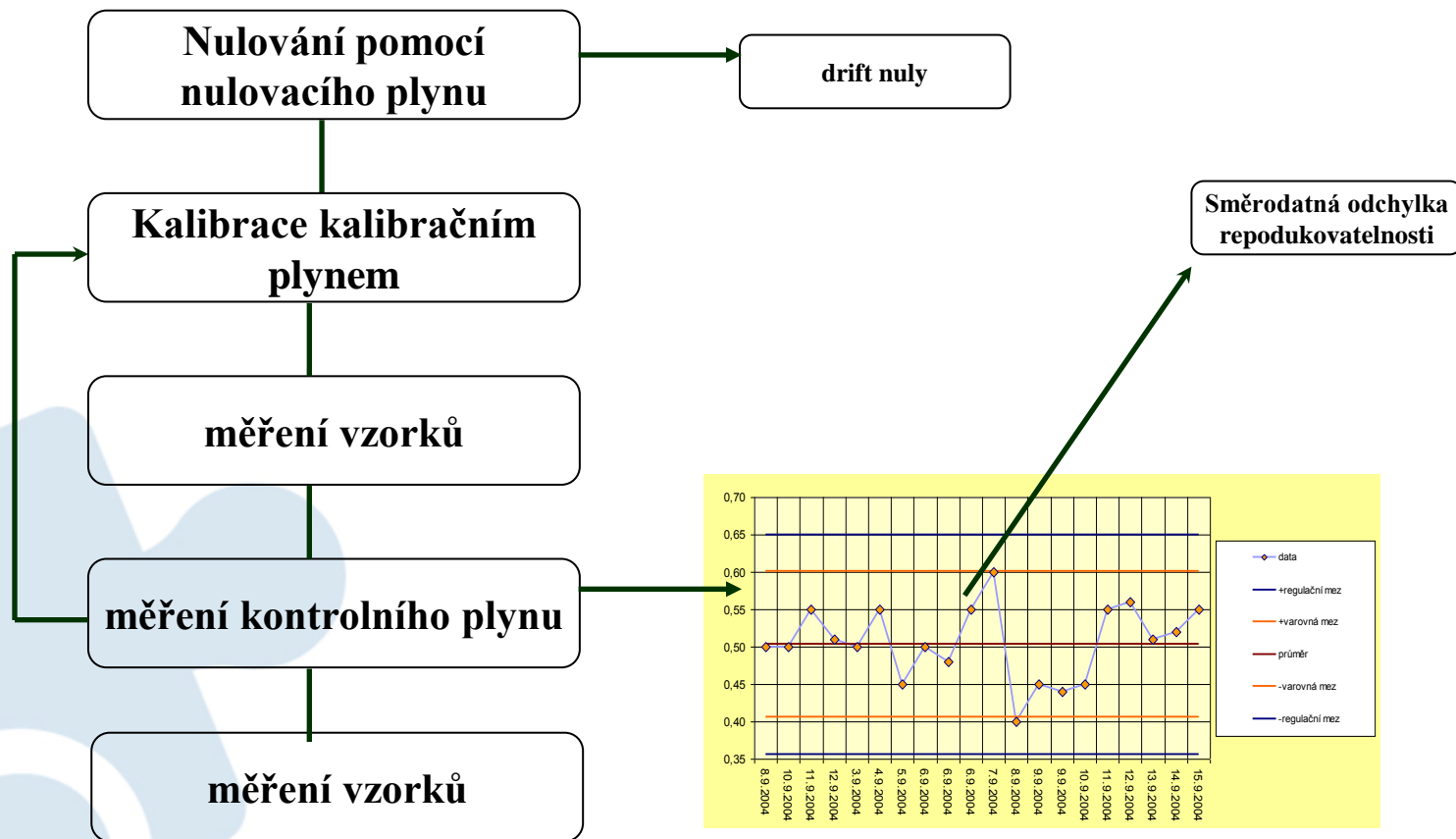
evropský  
sociální  
fond v ČR  
EVROPSKÁ UNIE



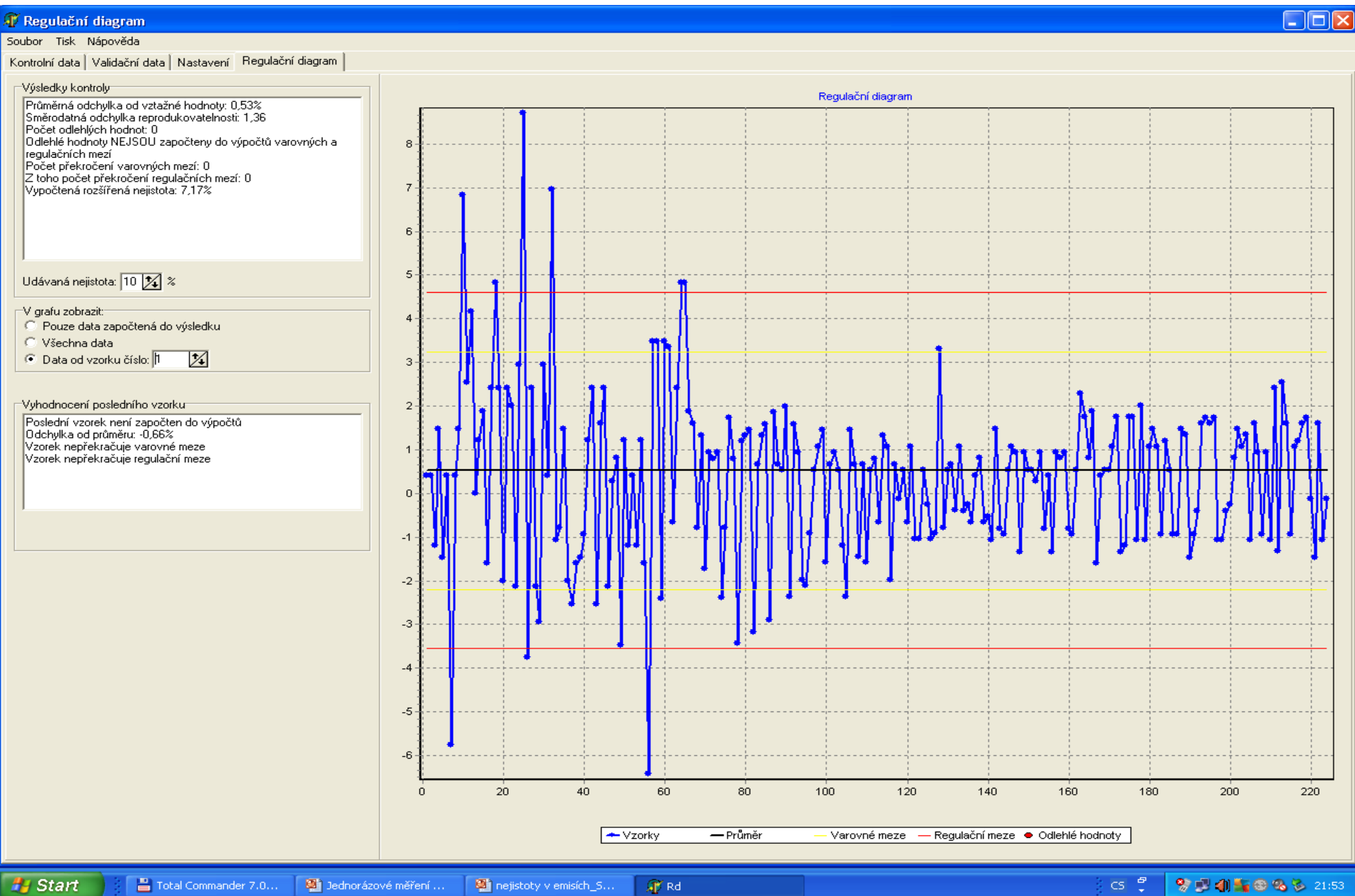
OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Postup měření a zajišťování kvality výsledků



# Postup měření a zajišťování kvality výsledků



# Využití nejistot v praxi

Figure 1 Assessment of Compliance with an Upper Limit

