



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Vzorkování ovzduší

Roman Prokeš, Jiří Kohoutek



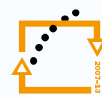
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Vzorkování ovzduší – obsah:

- 1. Úvod**
- 2. Rozdělení vzorkování**
- 3. Používané vzorkovače**
- 4. Používané filtry**
- 5. Umístění odběrové lokality**
- 6. Meteorologické podmínky**
- 7. Možnosti ovlivnění odběru**
- 8. Vzorkovací plány, systém QA/QC**
- 9. Odběry pro ekotoxikologické biotesty**
- 10. Vzorkovací stanice**



1. Úvod

Cíl vzorkování ovzduší:

kvalitativní a kvantitativní zjištění přítomnosti a koncentrace škodliviny nebo skupiny škodlivin v ovzduší na dané lokalitě

Specifika vzorkování ovzduší:

- nízké koncentrace škodlivin
- heterogenita vzorkované matrice
- škodliviny přítomné ve více formách



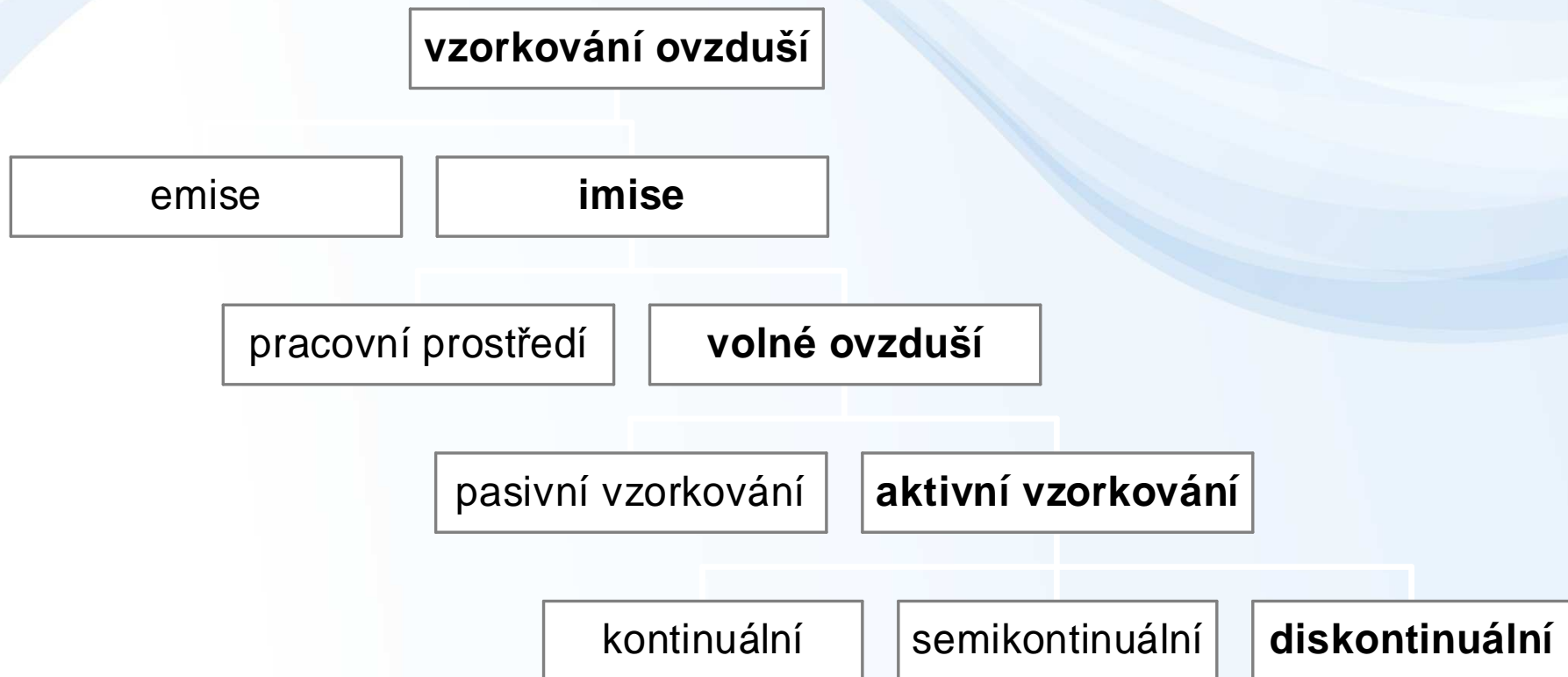
1.Úvod

Faktory ovlivňující volbu vzorkovací metodiky:

- fázová distribuce škodlivin
- stabilita škodlivin
- požadavky na časové rozlišení
- analytické požadavky
- další fyzikálně-chemické vlastnosti škodlivin:
 - tepelná stabilita
 - těkavost
 - polarita
 - iontový charakter
 - chemické složení
 - environmentálně-chemické vlastnosti



2. Rozdělení vzorkování



2. Rozdělení vzorkování

- **vzorkování emisí**
 - vysoké koncentrace polutantů
 - vysoká agresivita odebírané matrice
 - nutnost isokinetického odběru
 - odběr kondenzační nebo ředící metodou

- **vzorkování imisí**
 - vzorkování pracovního ovzduší
 - **vzorkování volného ovzduší**



2. Rozdělení vzorkování

pasivní vzorkování – princip

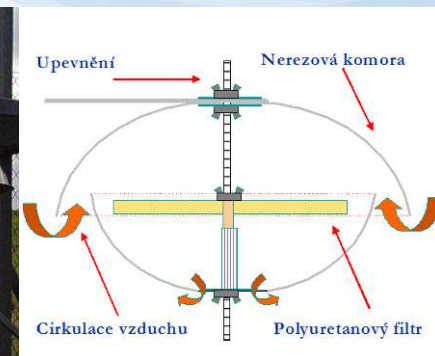
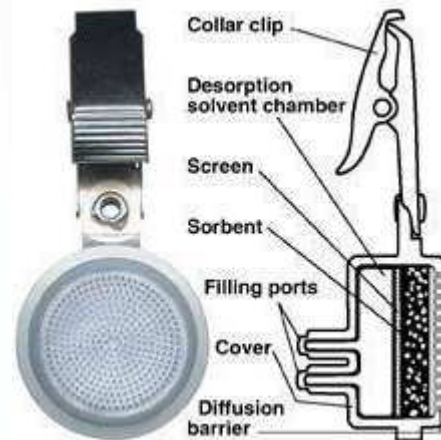
- bez použití čerpadla - vzorkované ovzduší samovolně proudí kolem pasivně vystaveného filtru, membrány či jiného média (sorbentu), v němž se sledovaný polutant zachycuje
- separační mechanismus je založen na rozdílu mezi koncentracemi škodlivin v prostředí a v sorpčním médiu
- délka vzorkování se řídí podle doby, která je nutná pro ustavení rovnovážného stavu (nasycení sorpční kapacity)
- vzorkovače jsou málo citlivé na náhodné extrémní změny v aktuální koncentraci polutantů – poskytují informace o dlouhodobé úrovni kontaminace



2. Rozdělení vzorkování

pasivní vzorkování

- sorbenty se dle původu dělí na biotické (lišejníky, jehličí) a abiotické (radiello, SPMD PUF, SKC)



2. Rozdělení vzorkování

pasivní vzorkování - vlastnosti

Výhody:

- nízká cena zařízení a nízké provozní náklady
- malé nároky na instalaci a technickou údržbu
- bez nutnosti připojení ke zdroji elektrické energie
- poskytují informaci o dlouhodobé úrovni kontaminace

Nevýhody:

- nižší citlivost a vyšší detekční limit
- možné interference s jinými polutanty
- nemožnost exaktního stanovení prošlého objemu vzduchu (používají se přepočty závislé na délce expozice, rychlosti sorpce a dalších parametrech či empiricky získané koeficienty)



2. Rozdělení vzorkování

aktivní vzorkování - vzorkovače s pevným objemem

- jednoduchá zařízení pro odběr vysokých koncentrací (bez nutnosti zakoncentrování při analytickém stanovení)
- využívají se zařízení s přesně definovaným objemem (plynotěsné stříkačky, vzorkovací vaky, evakuované kanystry)
- nenáročné na obsluhu



2. Rozdělení vzorkování

aktivní vzorkování - s použitím čerpadla

- vzorkované ovzduší je čerpadlem hnáno přímo přes analyzátor nebo nasáváno přes vhodný filtr, který se analyzuje následně
- odebraný objem se obvykle měří plynoměrem



2. Rozdělení vzorkování

Dělení aktivního vzorkování

- **kontinuální vzorkování**

- vzduch stálou rychlostí prochází přímo přes analyzátor
- koncentrace škodlivin jsou k dispozici v reálném čase

- **semikontinuální vzorkování**

- vzduch je hnán přes zachycovací médium
- analýza a čištění média probíhá současně v paralelní větvi přístroje, obě větve se po předem nastaveném čase střídají

- **diskontinuální vzorkování**

- vzduch prochází přes filtr po celou dobu vzorkování
- analýza filtru se provádí až po ukončení odběru



2. Rozdělení vzorkování

Dělení aktivního (diskontinuálního) vzorkování podle průtoku (odebíraného objemu):

- **velkoobjemové odběry**
odebíraný objem m^3 za minutu
- **středněobjemové odběry**
odebíraný objem v desítkách až stovkách litrů za minutu
- **nízkoobjemové odběry**
odebíraný objem v mililitrech až jednotkách litrů za minutu



3. Používané vzorkovače

Velkoobjemové odběry

- čerpadlo **PM-10** (výrobce Thermo Andersen, USA)
- průtok čerpadlem přesahuje 1 m³ za minutu (1500 m³/24hod.)
- speciálně upravená hlavice zajišťuje odběr prašných částic frakce PM₁₀, prašné částice zachycuje křemenný filtr (quartz) velikosti 8x10" umístěný v odběrové hlavici
- prašnost se stanovuje diferenčním vážením filtru, který lze následně extrahovat a extrakt použít pro chemickou analýzu nebo pro biotesty
- odběrovou hlavici čerpadla je možno doplnit speciálním impaktorem pro další frakcionaci odebíraných částic



3. Používané vzorkovače

Velkoobjemové odběry

- Digitel
- Baghirra
- kaskádový impaktor
- vícesměrový vzorkovač



3. Používané vzorkovače

Středněobjemové odběry

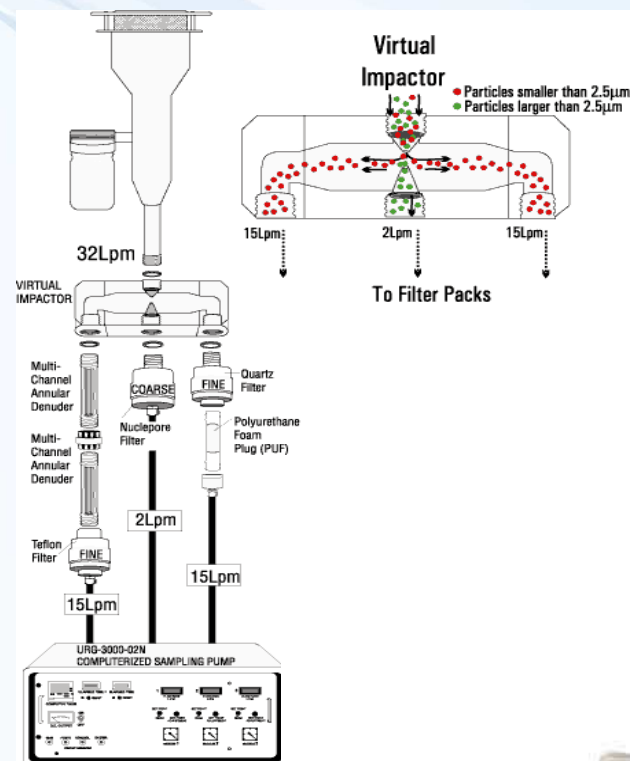
- pro odběry semivolatilních organických látek se nejčastěji používají středněobjemová čerpadla
- **PS-1** (Thermo Andersen, USA), obdobný design měla i starší čerpadla Wedding
- v odběrové hlavici jsou umístěny dva filtry - polyuretanový filtr (PUF) a křemenný filtr (quartz); křemenný filtr slouží k zachycení prašných částic s polutanty sorbovanými v tuhé fázi, PUF zachytí polutanty přítomné ve fázi plynné
- odebíraný objem dosahuje až $280 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (400 m³/24hod.)
- odběry se provádějí na základě US EPA metodiky TO-13



3. Používané vzorkovače

Středněobjemové odběry

- čerpadlo **VAPS** (Versatile Air Pollutant Sampler; výrobce URG, USA) slouží k odběru plyných látek a polévatého prachu ve frakcích PM_{10} (2l/min) a $PM_{2,5}$ (15l/min)
- obě frakce jsou zachycovány na teflonových filtrech (analýza obsahu těžkých) nebo quartz filtrech (analýza POPs)



3. Používané vzorkovače

Středněobjemové odběry

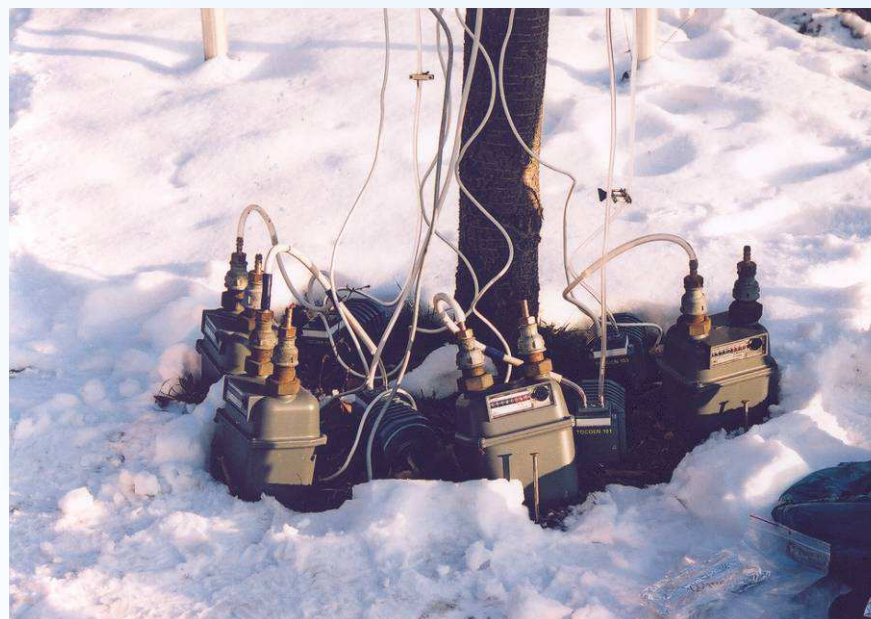
- Leckel
- hlavice bio, PM1, PM2,5, PM10, PM+PUF, ozonový denuder, TSP, VDI



3. Používané vzorkovače

Nízkoobjemové odběry

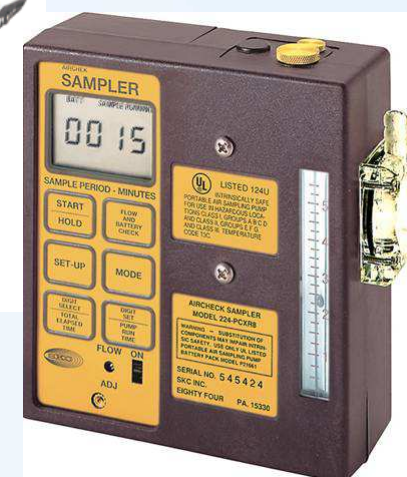
- lamelové čerpadlo **M401**
- průtok lze regulovat v rozsahu $0,25 - 6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (odebíraný objem $0,4$ do 8 m^3 za 24 hodin)
- odebrané objemy se měří mokřými nebo suchými plynoměry
- jako sorbentu lze využít nejrůznější typy filtrů či odběrových trubiček, a to i řazených v sérii nebo ve spojení se speciálními odběrovými hlavicemi



3. Používané vzorkovače

Nízkoobjemové odběry

- personální vzorkovače
- odebíraný objem cca 1 m³/24hod.
- **AirChek** (výrobce SKC, USA) - sledování kvality pracovního prostředí (průtok v rozsahu 5 až 3250 ml.min⁻¹) v rozsahu 5 až 3250 ml.min⁻¹)
- kaskádové impaktory
- vícesměrový vzorkovače



4. Používané filtry

Používané filtry (sorbenty)

- volba typu filtru resp. složení sorbentu závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech vzorkovaných škodlivin a na analytických požadavcích
- **sorpční kapacita filtru** musí být dostatečná s ohledem na odebíraný objem a předpokládané koncentrace škodlivin
- musí být garantována **čistota filtru** (sorbentu) buď výrobcem, nebo laboratoří; čistota filtrů musí být pravidelně kontrolována **systemem slepých pokusů** – blanků (trip blank, field blank atd.)
- materiál, původ, šarže, datum čištění a další parametry filtrů musí být evidovány v rámci systému QA/QC



4. Používané filtry

Používané filtry (sorbenty)

- pro chemickou analýzu se používá záchyt na speciálních prachových filtrech a sorpčních trubičkách (doporučený materiál filtrů a složení náplně trubiček se liší podle typu sledované škodliviny)
 - filtrační materiál i doporučenou analytickou metodu lze nalézt v materiálech US EPA
 - katalog jednotlivých výrobců (Whatman, SKC, Supelco)
- k záchytu prašných částic lze využít **celulóзовé, teflonové či křemenné filtry** - závisí na požadavcích dalšího zpracování (extrakce, analyty)
- pro odběr POPs (PCDDs/Fs, PCBs, CI-PEST, PAHs) se používají 2-3 filtry řazené v sérii – prvním je **křemenný filtr** (quartz) sloužící k záchytu prašných částic se sorbovanými POPs, druhým je **filtr z polyuretanové pěny** (PUF) sloužící k záchytu POPs v plynné fázi; při požadavku na záchyt silně těkavých POPs (např. naftalenu) je PUF třeba doplnit vrstvou XAD



5. Umístění odběrové lokality

Požadavky na umístění lokality

- lokalita musí zajišťovat maximální možnou **reprezentativnost odběru vzhledem ke sledovanému objektu či situaci**
- musí být zajištěno dokonalé **pokrytí daného místa a jevu jak z hlediska prostorového, tak i časového**

Výběr lokality ovlivňují:

- lokalizace stacionárních i mobilních zdrojů v okolí lokality
- transportní charakteristiky polutantů z těchto zdrojů a vlivy meteorologických a geografických podmínek na tyto charakteristiky
- vhodnost lokality z hlediska umístění odběrového zařízení



5. Umístění odběrové lokality

Požadavky na umístění lokality

- vycházejí ze **zákona o ovzduší č. 86/2002 Sb.**
- dle §6, odst. 9 stanoví prováděcí právní předpis způsob sledování kvality ovzduší, včetně metod odběru vzorků a dalších technických požadavků (tedy i umístění odběrových lokalit – bodů vzorkování)
- uvedeným prováděcím předpisem je **nařízení vlády č. 350/2002 Sb.**, resp. příloha č. 3 k tomuto nařízení „Umístění bodů vzorkování (míst měření) pro měření koncentrací znečišťujících látek ve vnějším ovzduší“
- stanoví se zde požadavky na:
 - umísťování bodů vzorkování v makroměřítku
 - umísťování bodů vzorkování v mikroměřítku
 - další (obecné) požadavky



5. Umístění odběrové lokality

Umíst'ování bodů vzorkování v makroměřítku

- **vzorkování zaměřené na ochranu zdraví lidí** – musí poskytovat údaje o lokalitách v oblastech se zhoršenou kvalitou ovzduší, v sídelních seskupeních, v nichž dochází k výskytu nejvyšších koncentrací a která jsou reprezentativní z hlediska expozice populace
- musí být vyloučeno měření ve velmi malých mikroprostředích a v jejich bezprostředním okolí; měření musí reprezentovat kvalitu ovzduší v okolí alespoň 200 m² u lokalit orientovaných na dopravu a několika kilometrů čtverečních u městských lokalit; mělo by **modelově reprezentovat podobné lokality**
- **vzorkování zaměřené na ochranu ekosystémů** nebo vegetace – více než 20 km od sídelních seskupení a více než 5 km od jiných zastavěných oblastí, průmyslových zařízení nebo dálnic; mělo by reprezentovat kvalitu ovzduší v okolí alespoň 1000 km²



5. Umístění odběrové lokality

Umíst'ování bodů vzorkování v mikroměřítku

- **tok vzduchu** okolo vstupního otvoru vzorkovacího zařízení **nesmí být omezován překážkami** (nutná vzdálenost několika metrů od budov, balkonů, stromů a dalších překážek)
- **vstupní otvor** vzorkovacího zařízení by měl být **ve výši 1,5 m (dýchací zóna) až 4 m** nad zemí; vyšší polohy (až do 8 m) jsou nutné, pokud mají být údaje reprezentativní pro rozsáhlejší oblasti (dálkový transport škodlivin)
- vstupní otvor odběrové sondy nesmí být umístěn v bezprostředním okolí zdrojů znečišťování ovzduší, aby se vyloučil přímý odběr vzorků emisí nezředitých mícháním s okolním ovzduším
- vzorkovací zařízení orientované na dopravu by mělo být alespoň 25 m od kraje velkých křižovatek a alespoň 4 m od středu nejbližšího jízdního pruhu



5. Umístění odběrové lokality

Další požadavky na umístování bodů vzorkování

Musí být brány v úvahu následující faktory:

- spolupůsobící zdroje znečišťování ovzduší
- bezpečnost obsluhy vzorkovacího zařízení
- přístupnost ke vzorkovacímu zařízení
- dostupnost elektřiny
- viditelnost místa ve vztahu k jeho okolí
- bezpečnost veřejnosti
- požadavky na společné umístění různých vzorkovacích zařízení
- požadavky územního plánování

Musí být pořízena dokumentace a fotodokumentace bodu vzorkování.

Musí být zanesena do mapy přesná poloha lokality (GPS souřadnice).

Musí být prováděna pravidelná kontrola platnosti výběrových kritérií.



6. Meteorologické podmínky

Meteorologické podmínky ovlivňují transport, zředovací rychlost a stabilitu sledovaných škodlivin.

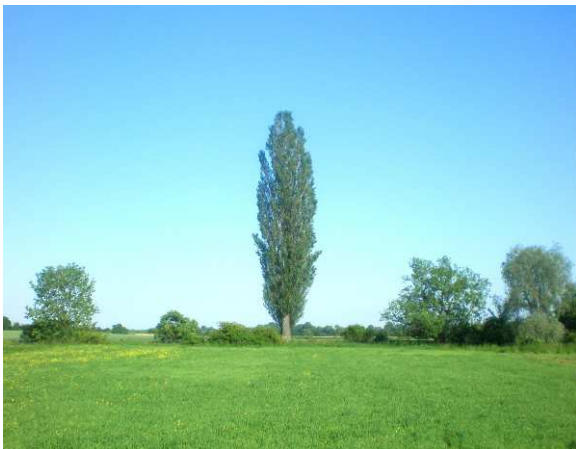
- rychlost a směr větru
- teplota
- atmosferický tlak
- intenzita slunečního záření
- srážky (typ a intenzita)
- relativní vlhkost



6. Meteorologické podmínky

Z hlediska opakovatelnosti odběru ovzduší je třeba rozlišovat:

- **typ počasí** (např. zimní inverze)
Typ počasí se vyskytuje opakovaně (byť nepravidelně), proto odběry za stejného typu počasí jsou opakovatelné.
- **případ počasí** (souhrn všech jeho parametrů)
Případ počasí je zcela jedinečný, proto je odběr za naprosto stejných podmínek (za stejného případu počasí) neopakovatelný.



7. Možnosti ovlivnění odběru

Možnosti ovlivnění odběru je třeba posoudit před jeho zahájením, sledovat v celém jeho průběhu a evidovat v protokolu o odběru vzorku pro potřeby následného vyhodnocení.

Jedná se zejména o:

- 1. možné zdroje znečištění**
- 2. vliv konfigurace terénu**
- 3. umístění odběrové lokality**
- 4. meteorologické podmínky**
- 5. ostatní podmínky při odběru**



7. Možnosti ovlivnění odběru

1. možné zdroje znečištění

- **bodový zdroj v malé vzdálenosti (např. komín)** – dle výšky komína nutno posoudit možnost přímého ovlivnění odběru zdrojem
 - **nízký komín** – přímé ovlivnění odběru je možné
 - **vysoký komín** – kouřová vlečka až na výjimečné meteorologické situace přímo neovlivňuje naměřené koncentrace
- **bodový zdroj ve střední vzdálenosti** – nutno posoudit možnost styku kouřové vlečky se zemí v místě odběru
- **plošný nebo liniový zdroj v malé vzdálenosti** (odběr v obci, její blízkosti nebo v blízkosti frekventované silnice)
- **bez známých zdrojů v blízkosti odběru** (imisní koncentrace závisí především na dálkovém transportu škodlivin)
- **zadýmení odběrové lokality** – většinou způsobeno spalovacími procesy v nejbližším okolí (domácí topeniště nebo volné spalování organických zbytků či odpadů). Zejména déle trvající zadýmení vede ke zvýšeným koncentracím všech látek nacházených běžně v emisích ze spalovacích procesů.



2. vliv konfigurace terénu

- **inverzní kotlina** – špatně provětrávané území s vysokou četností vzniku teplotních inverzí
- **ostatní polohy (roviny, svahy a vrcholky kopců)** – dobře provětrávané lokality s málo pravděpodobnými inverzními situacemi (s výjimkou dlouhodobých zimních inverzí většího rozsahu)



3. umístění odběrové lokality

- **výška odběrového místa**
 - **1,5-2 m – dýchací zóna** – toto umístění více zohledňuje vliv lokálních zdrojů
 - **6-10 m** – umístění vhodné především pro posouzení vlivu dálkového transportu škodlivin na imisní situaci v dané lokalitě
- **okolí odběrového místa**
 - **překážky v nejbližším okolí (do vzdálenosti 20 m)** – budovy, stromy a keře mohou působit jako lapače prašnosti a vytvořit “imisní stín“. Druhou možností je zvýšení turbulence proudění a tím i zvýšení a záchyt sekundární prašnosti.
 - **povrchy v okolí odběrového místa** – optimálním povrchem je udržovaný trávník. Holé prašné, hlinité či písčité povrchy mohou vést k vyššímu záchytu prašných částic, u asfaltových povrchů je možné i zvýšení naměřených koncentrací některých volatilních a semivolatilních organických sloučenin.



7. Možnosti ovlivnění odběru

4. meteorologické podmínky

- **srážky**
 - **déšť** – vymývání tuhých částic, pokles koncentrací látek na ně vázaných
 - **sněžení** – obdobné účinky, méně intenzivní
- **rychlost proudění (větru)**
 - **malá rychlost** – imisní koncentrace jsou ovlivněny především lokálními zdroji – emise z lokálních zdrojů jsou rozptýlovány, imisní koncentrace jsou znečištěny, v obcích dochází ke zhoršenému provětrávání
 - **velká rychlost** – imisní koncentrace dány dálkovým transportem škodlivin
- **směr proudění** – odběr ovlivňují emisní zdroje lokalizované proti směru proudění
- **teplota**
 - **vyšší teploty** – vedou k těkání volatilních sloučenin v okolí místa odběru
 - **nižší teploty** – v obcích vyšší pravděpodobnost provozu topných systémů a tím i koncentrace látek emitovaných ze spalovacích procesů
- **tlak** – je jednou z meteorologických podmínek přispívajících ke vzniku teplotních inverzí
- **vlhkost**
 - **nízká vlhkost** – vede k růstu koncentrací prašných částic a sorbovaných škodlivin
 - **vysoká vlhkost** – může komplikovat některé typy odběrů



7. Možnosti ovlivnění odběru

5. ostatní podmínky při odběru

- **charakter prašnosti** – velikost prašných částic (jejich aerodynamický průměr d_{ae})
 - velikost a měrný povrch částic ovlivňuje jejich **sorpční vlastnosti** \Rightarrow koncentrace sorbovaných škodlivin
 - velikost částic má vliv na **schopnost průniku do dýchacího ústrojí** \Rightarrow různá míra zdravotní rizika
 - frakce $PM_{2,5-10}$ ($2,5 \mu m < d_{ae} < 10 \mu m$) – hrubá, **inhalovatelná frakce**
 - frakce $PM_{2,5}$ ($d_{ae} < 2,5 \mu m$) – jemná, **respirabilní frakce**
 - frakce $PM_{1,0}$ ($d_{ae} < 1 \mu m$) – ultrajemná respirabilní frakce

S klesající velikostí částic rostou jak koncentrace na ně sorbovaných škodlivin, tak jejich negativní účinky na lidské zdraví.



8. Vzorkovací plány, QA/QC

- **vypracování vzorkovacího plánu** je prvním krokem při přípravě odběru vzorků

vzorkovací plán musí obsahovat veškeré **časové i místní údaje o připravovaném vzorkování**, počty odebíraných vzorků a způsob nakládání s nimi

musí specifikovat techniku odběru (**použité typy vzorkovačů a sorbentů**)

nedílnou součástí každého vzorkovacího plánu je i **system zajištění a kontroly kvality QA/QC** (Quality Assurance / Quality Control)

vlastní obsluha odběrových zařízení je specifikována **standardními operačními postupy (SOP)** pro jednotlivé typy odběrů



8. Vzorkovací plány, QA/QC

System QA/QC

cílem systému QA/QC je **zamezení možnosti ovlivnění výsledků odběru vzorků**

k ovlivnění výsledků může dojít jak při vlastním odběru, tak při manipulaci a transportu vzorků a při jejich analytickém zpracování

system QA/QC (kromě jiného) specifikuje **způsob značení vzorků, vzhled a obsah odběrových protokolů**



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí



Kamenice 126/3, 625 00 Brno

www.recetox.muni.cz

ODBĚROVÝ PROTOKOL

Odběrové číslo vzorku: 2012 / A

Číslo vzorku: **NHB-3-A1** Typ vzorku: volné ovzduší (A)

Lokalita: **Nemocnice Havlíčkův Brod**

Požadovaná analýza: **PBDEs, PCBs, OCPs, chlorbenzeny**

Filtry

0,5 µm PTFE filter (25 mm)	A 2,5 µm	_____
0,5 µm PTFE filter (25 mm)	B 1,0 µm	_____
0,5 µm PTFE filter (25 mm)	C 0,5 µm	_____
0,5 µm PTFE filter (25 mm)	D 0,25 µm	_____
2,0 µm PTFE filter (37 mm)	E after-filter	_____

Odběr vzorku

Low Volume Sampler (PM10 - 35) - SIOUTAS

Začátek odběru

Datum: _____
Čas: _____

Konec odběru

Datum: _____
Čas: _____

Nastavený průtok: **9** l/min

Odebraný objem: _____ l Doba odběru: _____

Popis lokality: budova č.3, ředitelství, kancelář

Poloha lokality:
(WGS 84) **49°36'34.250"** N (s.š.) **15°34'17.467"** E (v.d.)
m n.m.

Možné ovlivnění odběru:

Meteorologické podmínky v průběhu odběru:

Průměrné denní teploty: _____ °C

Počet dnů se srážkami: _____

Počet dnů s inverzním charakterem počasí: _____

Transport vzorků do laboratoří

Datum přepravy: _____

Operátor: _____

Za správnost odběru odpovídá: **RNDr. Roman Prokeš**

8. Vzorkovací plány, QA/QC

- pro vlastní vzorkování je podstatné **odstranění chyb při manipulaci s čistými filtry** před zahájením vzorkování a **s exponovanými filtry** po jeho ukončení

doporučený postup:

- po vyčištění jsou filtry dle typu skladovány buď ve dvou vrstvách hliníkové fólie a uzavíratelném PE sáčku nebo ve skleněné zábrusové prachovnici obalené hliníkovou folií v mrazícím boxu při teplotě -18 °C
- maximální doba skladování vyčištěných filtrů jsou tři měsíce (popř. jeden rok)
- pro manipulaci s filtry se používají pinzety s teflonovými hroty
- po ukončení odběru jsou exponované filtry zabaleny do dvou vrstev alobalu, uzavřeny do PE sáčku a do analýzy umístěny v chladu (při transportu a krátkodobém skladování – do 24 hodin – ve 4 °C, při déletrvajícím skladování je nutno vzorky zmrazit na -18 °C)
- u silně reaktivních sloučenin se doporučuje minimalizovat dobu skladování, optimální je okamžité zpracování v laboratoři



9.Odběry pro biotesty

- pro komplexní hodnocení stavu prostředí je vhodné vedle chemických analýz provést posouzení biologických účinků (**ekotoxikologické biotesty**)
- cílem ekotoxikologických biotestů je **posouzení možných vlivů celého spektra přítomných škodlivin** i se zohledněním jejich vzájemných vztahů a interakcí
- biotesty umožňují hodnotit a kvantifikovat vybraný biologický účinek formou **závislosti dávka-odpověď**
- vzhledem k požadavkům na provedení biotestů je třeba při odběrech zohlednit zejména:
 - potřebné množství vzorku**
 - formu zachycení (fixace) vzorku**



9. Odběry pro biotesty

- **potřebné množství vzorku**
 - ekotoxikologické biotesty mají **nižší citlivost** než chemické analýzy
 - testování se provádí v **několika koncentracích** pro posouzení vztahu dávka-odpověď
 - potřebné množství vzorku ovlivňuje i **design testů**



Biotest RCS Plus
Microbial Air Sampler



Biotest RCS High
Flow Microbial Air
Sampler

- ⇒ potřebné množství vzorku je větší než pro chemickou analýzu
- ⇒ je nutné použití velko- a středněobjemových čerpadel



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Biotest RCS Isolator Microbial Air Sampler



10. Vzorkovací stanice

- stálé stanice
- kontejnery
- mobilní stanice



10. Vzorkovací stanice

· Měřené látky a rozsah měření

<i>Látka</i>	<i>Rozsah</i>	<i>Látka</i>	<i>rozsah</i>
IMISE			
SO ₂	0 – 10 ppm	H ₂ S-TRS	0 – 1 ppm
NO-NO ₂ -NO _x	0 – 10 ppm	NH ₃	0 – 1 ppm
CO	0 – 200 ppm	O ₃	0 – 10 ppm
HC/Total VOC	0 – 1000 ppm	Prach PM10	0-10 000µg/m ³
Prach 2,5	0-10 000µg/m ³	Prach TSP	0-10 000µg/m ³
VOC			
Benzen	0-1 000µg/m ³	Ethyl-benzen	0-1 000µg/m ³
o-xylen	0-1 000µg/m ³	cyklohexan	0-1 000µg/m ³
Toluen	0-1 000µg/m ³	m,p-xylen	0-1 000µg/m ³
1-3 Butadien	0-1 000µg/m ³	a-heptan	0-1 000µg/m ³
u-pentan	0-1 000µg/m ³	styren	0-1 000µg/m ³
SANO			
SO ₂	Benzen	m-xylen	p-xylen
NO ₂	O ₃	Benzen	Toluen
CO	Formaldehyd	Phenol	Styren
HNO ₂	NO	NH ₃	
METEOROLOGIE			
Směr větru	Rychlost větru	Atmosférický tlak	Vlhkost
Teplota	Sluneční záření	Srážky	

10. Vzorkovací stanice

- měření tuhých znečišťujících látek v ovzduší (prašnost) PM1, PM2,5, PM10
- měření NOx, CO, CO2, O3, (+prach)





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí