

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

další názvy	polyaromatické uhlovodíky, polyaromáty, PAU, PAH	
číslo CAS*	50-32-8 (benzo(a)pyren, zástupce skupiny)	
chemický vzorec*	C ₂₀ H ₁₂ (benzo(a)pyren, zástupce skupiny) molekuly obsahují atomy C a H	
ohlašovací práh pro emise a přenosy		
do ovzduší (kg/rok)	50**	
do vody (kg/rok)	5**	
do půdy (kg/rok)	5**	
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg/rok)	50**	
rizikové složky životního prostředí	voda, půda, ovzduší	
věty R* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)		
R45	Může vyvolat rakovinu.	
R46	Může vyvolat poškození dědičných vlastností.	
R50/53	Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.	
R60	Může poškodit reprodukční schopnost.	
R61	Může poškodit plod v těle matky.	
věty S* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)		
S45	V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).	
S53	Zamezte expozici – před použitím si obzarejte speciální instrukce.	
S60	Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.	
S61	Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.	

* - R a S věty, číslo CAS a chemický vzorec jsou uvedeny pro benzo(a)pyren jako zástupce skupiny látek.

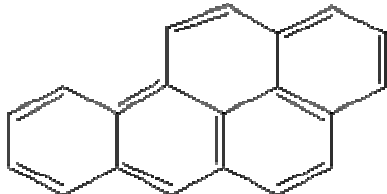
** - Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) se měří jako benzo(a)pyren (50-32-8), benzo(b)fluoranthén (205-99-2), benzo(k)fluoranthén (207-08-9) a indeno(1,2,3-cd)pyren (193-39-5) (Odvozeno z Protokolu o perzistentních organických polutantech k Úmluvě o dálkovém znečištění ovzduší přesahujícím hranice států).

Základní charakteristika

Skupina polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) představuje velmi širokou škálu různých látek vyznačujících se tím, že ve své molekule obsahují kondenzovaná aromatická jádra a nenesou žádné heteroatomy ani substituenty. Do skupiny PAU náleží například následující látky: naftalen, acenaftýlen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-c,d)pyren a benzo(ghi)perylen. Čisté sloučeniny jsou bílé nebo nažloutlé krystalické pevné látky. Jsou velmi málo rozpustné

ve vodě, ale snadno se rozpouštějí v tucích a olejích. Jako příklad látky z této skupiny vezměme benzo(a)pyren a popíšeme podrobněji jeho vlastnosti a strukturu v Tab.

Vlastnosti benzo(a)pyrenu

bod varu [°C]	495
hustota [kg.m ⁻³]	1351
rozpuštnost ve vodě [mg.l ⁻¹]	3
struktura molekuly	

Použití

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou látky, které se ve většině případů cíleně nevyrábějí, snad až na výjimky spojené s laboratorními výzkumy a analýzou (např. příprava standardů pro analýzu). Mezi PAU však patří mimo jiné i naftalen a antracen, které využití mají. Tyto dvě látky jsou popsány separátně, protože jsou samostatně zařazeny do IRZ. PAU jako skupina látek obecně jsou ovšem **obsaženy v celé řadě běžných produktů dnešního průmyslu**, jako jsou například: **motorová nafta, výrobky z černouhelného dehtu, asfalt a materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic.**

Zdroje emisí

PAU **vznikají v rámci spalovacích procesů** jakýchkoli materiálů obsahujících uhlík, pokud není spalování dokonalé. Jedná se o **spalování téměř všech druhů uhlikatých paliv**. Polyaromatické uhlovodíky je nutné očekávat obecně všude tam, kde se vyskytují vysokovroucí ropné či uhelné produkty (dehty, asfalty). Dalším uváděným zdrojem emisí PAU je výroba hliníku.

Za **přírodní** zdroje emisí je možné považovat přirozené přírodní požáry a erupce sopek.

Mezi antropogenní zdroje emisí můžeme zařadit zejména:

- spalovací procesy;
- koksárenství, rafinerie ropy, zplyňování a zkapalňování uhlí;
- výrobu hliníku;
- uvolňování z materiálů, které PAU obsahují – silnice, asfaltové izolace střech apod.
- emise naftalenu a antracenu v rámci jejich cíleného využití (popsány separátně);
- obecně procesy, kde dochází k nakládání s dehty, asfalty a dalšími vysokovroucími ropnými či uhelnými produkty.

Dopady na životní prostředí

PAU jsou toxické pro celou řadu živých organismů. Mohou způsobovat rakovinu, poruchy reprodukce a mutace u zvířat. Jejich působení na celé populace organismů je proto závažné. Nejproblematictější vlastností PAU je jejich **perzistence**, tedy **schopnost odolávat**

přirozeným rozkladným procesům. Zejména pokud jsou emitovány při spalovacích procesech, jsou **schopné transportu atmosférou na velké vzdálenosti** (ve formě naadsorbované na zrna sazí a prachových částic). Stopy těchto látek proto byly zjištěny i na velmi odlehlých místech Země. PAU se silně adsorbují na sedimenty ve vodách, které proto působí jako určité rezervoáry.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Celá řada látek ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků představuje závažné zdravotní riziko pro člověka. **Jejich nebezpečí spočívá především v karcinogenitě a ohrožení zdravého vývoje plodu.** Významným zdrojem benzo(a)pyrenu jsou cigarety. Jedna vykouřená cigareta vnese do kuřáka přibližně 25 ng této látky. Pro člověka kouřícího cca 20 cigaret denně představuje tato neřest ekvivalentní expozici benzo(a)pyrenem, jako kdyby se celý den pohyboval v prostředí kontaminovaném touto látkou o koncentraci $20 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$.

Vezměme dále za konkrétní **příklad benzo(a)pyren**. Tato látka může být vdechnuta a prostupuje do organismu i pokožkou. Expozice může vést k následujícím rizikům pro zdraví člověka:

- ohrožení zdravého vývoje plodu;
- riziko onemocnění rakovinou;
- podráždění až popálení kůže;
- Opakované expozice způsobují ztenčení a popraskání pokožky.

Je ale nutné zdůraznit, že běžně se vyskytující koncentrace PAU v životním prostředí jsou tak nízké, že nehrozí bezprostřední akutní ohrožení lidského zdraví.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí

PAU jsou látky obecně nebezpečné pro životní prostředí i pro zdraví člověka. Jejich nebezpečnost je umocněna tím, že **jsou velmi stabilní** a mohou se šířit na velmi dlouhé vzdálenosti a ohrožovat i odlehlá území Země. **Jsou to látky karcinogenní a ohrožující zdravý vývoj plodu.**

Důvody zařazení do registru

- nařízení o E-PRTR
- rozhodnutí o EPER
- Stockholmská úmluva
- CLRTAP
- vyhláška č. 356/2002 Sb. (příloha č. 1)
- vyhláška č. 221/2004 Sb. (příloha č. 2)

Způsoby zjišťování a měření

O únicích PAU si lze učinit konkrétní představu jen velmi obtížně a kromě kvalitativního předpokladu jejich možných emisí není prakticky možné odhadnout jejich množství. Množství, které představuje emisí práh, je patrné z níže uvedených příkladů.

Stanovení obsahu PAU v plynu za účelem sledování kvality ovzduší se provádí relativně komplikovanými metodami. Ve stručnosti toto stanovení spočívá v nasorbování

PAU ze vzorku na tuhý absorbent. PAU jsou poté extrahovány vhodným způsobem (termicky, rozpouštědlem, kapalinou v nadkritickém stavu). Takto získaný vzorek je poté zbaven rušivých látek pomocí sloupcové či gelové chromatografie a analyzován plynovou nebo kapalinovou chromatografií. Stanovení ve vodách či zeminách začíná extrakcí vzorků vhodným rozpouštědlem (obvykle hexan), pokračuje přečistěním extraktů a následně končí analýzou plynovým nebo kapalinovým chromatografem. Konkrétní detaily postupu se mohou v jednotlivých laboratořích lišit. Plynová a kapalinová chromatografie jsou jako analytická koncovka využívány ve srovnatelné míře. Jelikož do skupiny PAU spadá celá řada látek, je vhodné upozornit na fakt, že to, které konkrétní PAU se v daném případě započítávají do sumy PAU ve vzorku, vychází z příslušné legislativy (potravinářství, životní prostředí atd.), a proto pro různé typy původu vzorků se počet sčítaných PAU liší. U vzorků z oblasti životního prostředí se například sčítá obsah devíti přesně definovaných PAU. Měření pro účely IRZ je vysvětleno u úvodní tabulky této kapitoly. Pro stanovení emisí a další informace a konzultace je možno kontaktovat komerční laboratoře či specializovaná pracoviště.

Budou-li při spalování unikat spaliny o koncentraci PAU například $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, představuje ohlašovací práh $500\,000\,000 \text{ m}^3$ spalin. Bude-li z provozu unikat voda kontaminovaná PAU v koncentraci $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, představuje ohlašovací práh $50\,000 \text{ m}^3$ vody.

Informační zdroje

- EPA: Pollutants and Toxics, <http://cfpub1.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=51959>
- Environmental Agency, <http://www.environment-agency.gov.uk/>
- Hazardous Substance Fact Sheet, New Jersey Department of Health and Senior Services, <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/rtkhsfs.htm>
- Scorecard, The Pollution Information Site, <http://www.scorecard.org/chemical-profiles/index.tcl>
- Ekotoxikologická databáze, <http://www.piskac.cz/ETD/>
- The Chemical Database, University of Akron
- <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/chemicals/7/6127.html>
- Databáze Eurochem, <http://www.eurochem.cz>
- Pitter P.: Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT, 1999
- VanLoon G.W., Duffy S.J.: Environmental Chemistry a Global Perspective, Oxford University Press, 2005
- Skácel, Tekáč: Analýza ovzduší, VŠCHT, Praha, 2002