

Kyanidy (jako celkové CN)

další názvy	cyankáli (kyanid draselný)
číslo CAS*	57-12-5 (kyanidový anoin) 143-33-9 (kyanid sodný) 25909-68-6 (kyanid draselný)
chemický vzorec*	CN ⁻ (kyanidový aniont) NaCN (kyanid sodný) KCN (kyanid draselný)
ohlašovací práh pro emise a přenosy	
do ovzduší (kg/rok)	-
do vody (kg/rok)	50
do půdy (kg/rok)	50
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg/rok)	500
rizikové složky životního prostředí	voda, půda
věty R*	
R26/27/28 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Vysoce toxický při vdechování, styku s kůží a při požití
R32 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Uvolňuje vysoce toxický plyn při styku s kyselinami.
R50/53 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.
věty S*	
S1/2 (kyanid sodný)	Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí.
S7 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Uchovávejte obal těsně uzavřený.
S28 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím (vhodnou kapalinu specifikuje výrobce).
S29 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Nevylévejte do kanalizace.
S45 (kyanid sodný; kyanid draselný)	V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).
S60 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.
S61 (kyanid sodný; kyanid draselný)	Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.

* - Jedná se širokou skupinu možných látek. Pro uvedení čísel CAS a chemických vzorců byli zvoleni kromě kyanidů obecně i dva zástupci. R a S věty jsou uvedeny pro běžné zástupce skupiny kyanid sodný a kyanid draselný, protože jako kationty neobsahují toxické kovy, které by svým působením ovlivnily celkový popis sloučeniny kyanidu. Jejich R a S věty proto nejlépe vypovídají o samotných kyanidech jako anionech.

Základní charakteristika

Kyanidy jsou bílé krystalické látky, které obsahují v molekule uhlík a dusík. Jako kationt zde může vystupovat celá řada kovů, jako například sodík, draslík a další. Kyanid sodný a kyanid draselný jsou nejběžněji se vyskytující látky této skupiny. Kyanidy jsou rozpustné ve vodě i v alkoholu. Ve styku s vodou mohou mít zápach po kyanovodíku (mandlový) i po amoniaku (štiplavý). Vlastnosti těchto látek jsou uvedeny v souhrnné tabulce. Po okyselení se z kyanidů uvolňuje kyanovodík, prudce jedovatý plyn o kterém je pojednáno v samostatné kapitole. Nelze tudíž vždy striktně oddělovat kyanidy a kyanovodík jako dvě látky. Je navíc nutné připomenout, že kyanidy mohou obsahovat i toxické kovy jako kationty. Může se jednat například o kadmium, olovo a řadu dalších kovů. V části o kyanidech se proto pokusíme zaměřit především na samotné kyanidy bez ohledu na přítomný kationt.

Vlastnosti některých kyanidů

Název	kyanid sodný	kyanid draselný
tepota tání [°C]	564	634
teplota varu [°C]	1496	1625
hustota [kg.m ⁻³]	1600	1560
rozpustnost ve vodě [g.l ⁻¹]	362	237

Použití

Kyanidy jsou používány v **metalurgii, chemickém a fotografickém průmyslu a při výrobě plastů (nylon)**. Dále je můžeme čekat při výrobě pryží, výbušnin a vykuřovacích prostředků. Kyanid sodný a draselný jsou důležité prostředky **při elektrochemickém pokovování a tvrzení oceli**. Kyanidy mohou být používány i **pro extrakci zlata a stříbra z minerálů** v těžebním průmyslu.

Zdroje emisí

Přirozené **neantropogenní zdroje emisí těchto látek existují**, jejich význam však není nijak významný. Můžeme zmínit například produkci kyanidů některými bakteriemi, houbami či řasami. Kyanidy se také přirozeně nalézají v některých potravinách a rostlinách.

Významné uvolňování těchto látek do životního prostředí je možno přičíst rozličným antropogenním zdrojům emisí. Kyanidy vznikají při spalovacích procesech a využívají se v řadě průmyslových odvětví. **Konkrétně můžeme jako hlavní zdroje emisí jmenovat:**

- spalovací procesy, zejména spalovací motory (více jak 90 % všech antropogenních emisí);
- zpracování kovů, elektrochemické pokovování, tvrzení oceli;
- spalování odpadů v nedostatečně vybavených zařízeních;
- výluhy ze špatně zajištěných skládek odpadů;
- uvolňování v rámci používání látek a přípravků, které kyanidy obsahují;
- využití kyanidů při dobývání zlata a stříbra při těžbě (kyanidové loužení).

Dopady na životní prostředí

V případě, že se kyanidy dostanou do vody či půdy, nejsou stálé. Jejich bioakumulace ve vodních organismech je proto nepravděpodobná. Z vody a z půdy se mohou rychle odpařovat do ovzduší ve formě kyanovodíku, zejména při nižším pH. Podléhají také mikrobiologickému rozkladu. Kyanidy se neváží na částice půdy, a mohou se proto vyluhovat do podzemních vod.

Kyanidy jsou vysoce toxické pro ryby a ostatní vodní organismy. Všechny kyanidy působí na aerobní organismy jako jedy narušující vázání kyslíku dýchacími enzymy. Při vysokých koncentracích jsou kyanidy toxické pro různé půdní mikroorganismy i pro ostatní formy života. Velmi nebezpečná situace nastává, pokud jsou kyanidy vystaveny působení kyselin (obecně nízkého pH), kdy **dochází k vývinu a úniku prudce jedovatého plynu kyanovodíku**, o kterém je v této knize pojednáno separátně.

Výše v textu byly popsány dopady kyanidů na životní prostředí ve smyslu kyanidů jako aniontu. Vhodné je připomenout, že kyanidy obsahují ve své molekule i kationt, který může být rovněž nebezpečný. Může se jednat například o kadmium či olovo a řadu dalších. O těchto kovech a jejich působení je pojednáno samostatně v příslušných kapitolách.

Dopady na zdraví člověka, rizika

Kyanidy jsou látky ohrožující zdraví člověka. Do organismu mohou vstupovat buď vdechnutím nebo požitím, ale prostupují i pokožkou. Jejich působení je velmi podobné jako působení kyanovodíku. Při požití dochází k jejich reakci v prostředí žaludku za vzniku právě kyanovodíku. Kyanidový iont má vysokou afinitu k železitým iontům. Po průniku do buňky velmi rychle reaguje s trojmocným železem enzymu cytochromoxidasy dýchacího řetězce v mitochondriích. Je tak zablokován přenos elektronu na molekulární kyslík, který tak nemůže být využit pro oxidační pochody. Vzhledem k tomu, že tkáň nemohou zpracovávat kyslík, obsahuje i žilní krev mnoho oxyhemoglobinu a je tudíž světle červená. Barva kůže je proto růžová.

Smrtelná dávka kyanidu draselného pro člověka je 200 mg. Otrava se začíná projevovat nejprve u tkání s největšími nároky na kyslík. Nejcitlivější je nervová tkáň - prvními příznaky při otravě kyanidy jsou **únava, bolesti hlavy, hučení v uších a nevolnost. Smrt nastává jako důsledek nedostatku kyslíku životně důležitých center v prodloužené míše.**

V České republice platí pro koncentrace kyanidů (jako HCN) následující limity v ovzduší pracovišť: PEL – 3 mg.m⁻³, NPK - P – 10 mg.m⁻³.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí

Kyanidy jsou **jedy**. Při jejich úniku do životního prostředí mohou způsobit **akutní poškození mnohých živých organismů i člověka**. Vzhledem k jejich reaktivitě ale **v životním prostředí nesetrvávají po dlouhou dobu**, a proto jejich dlouhodobý globální negativní dopad není významný.

Důvody zařazení do registru

- nařízení o E-PRTR
- rozhodnutí o EPER
- zákon č. 254/2001 Sb. (příloha č. 1)
- vyhláška č. 232/2004 Sb. (příloha č. 1)

Způsoby zjišťování a měření

Hrubou představu o únicích kyanidů, například v průmyslových procesech, je možné učinit ze spotřeby látky či bilance procesu (vstup x výstup).

Kyanidy se ze vzorku (voda, půda, odpad...) nejprve separují v destilační aparatuře, kde se kyanovodík vzniklý po okyselení vzorku zachytává v předloze, což je roztok hydroxidu sodného. Pro analytické stanovení obsahu kyanidů se používá buď stanovení spektrofotmetrické po reakci s pyridinem a kyselinou barbiturovou, nebo potenciometrické stanovení iontově selektivní elektrodou.

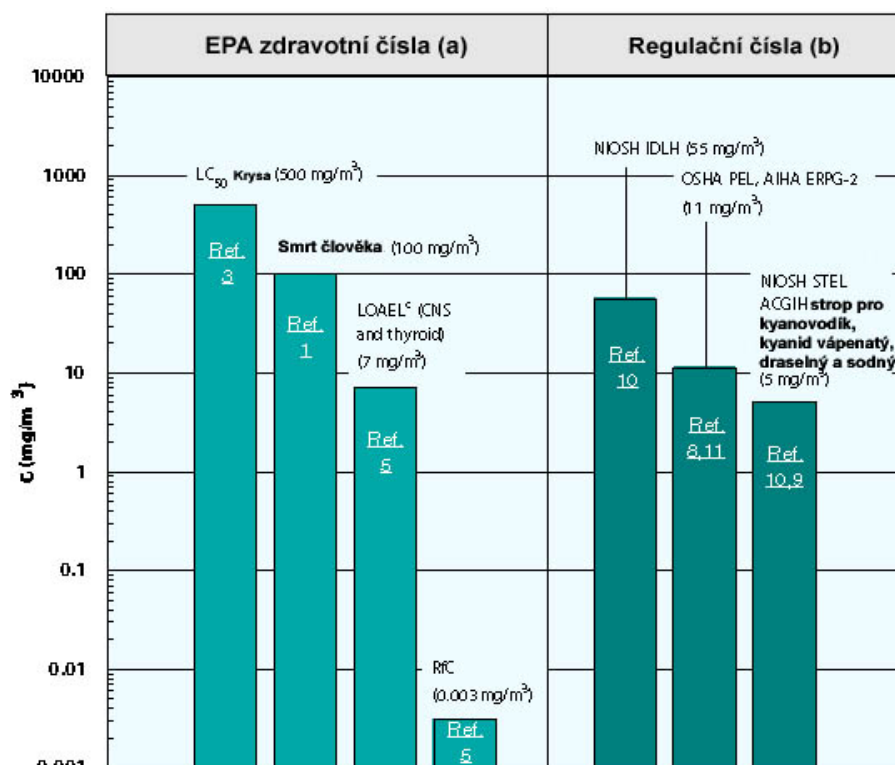
Bude-li z průmyslového podniku unikat voda kontaminovaná kyanidy v koncentraci například $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, bude ohlašovací práh 50 kg představovat $500\,000 \text{ m}^3$ takto kontaminované vody.

Další informace, zajímavosti

Terapeutický zásah při otravě kyanidy musí být velice rychlý, aby vůbec léčba měla smysl. Je třeba rychle dodat dostatečné množství železitých iontů, aby se zrušila vazba kyanidů na cytochromoxidasu. Účinným opatřením je podání dusitanů, které oxidují železnatý iont hemoglobinu na železitý, a obnovují tak funkci cytochromoxidasu. Terapeuticky podaná síra v podobě thiosíranu sodného umožní další detoxikaci kyanidů. Kyanidové ionty, které se pomalu uvolňují z kyanmethemoglobinu, se následně sloučí s thiosíranem sodným a vyloučí močí.

V terapii se pak nově využívá ještě vazby kyanidového iontu na hydroxykobalamin za vzniku vitamínu B12, stabilního komplexu kyanokobalaminu. Jde o léčbu bez rizika, problémem je spíše vysoká cena léku.

Obr. 1 ukazuje vztahy mezi koncentrací kyanidů a možným ohrožením. Graf je k dispozici na webových stránkách agentury EPA (USA).



Obr. 1. Vztahy mezi koncentrací kyanidů a možným zdravotním rizikem.

Informační zdroje

- Pitter P.: Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT, 1999
- Horáková M.: Analytika vody, VŠCHT Praha, 2003
- EPA: Pollutants and Toxics, <http://cfpub1.epa.gov/>
- Encyklopedie Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyanide>
- 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>
- Acron University Database, <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/chemicals/8/7053.html>
- Ekotoxikologická databáze, <http://www.piskac.cz/ETD/>
- Databáze Eurochem, <http://www.eurochem.cz>