

# Toxikologie

## 1. Toxikologie, její význam a místo mezi ostatními vědami

základy toxikologie položil v 16. stol. Paracelsus, jeho známé tvrzení, že „všechny látky jsou jedy, a toliko správná dávka odlišuje lék od jedu“ je více-méně platná dodnes. Jedem je každá látka, organismu cizí, která jej poškozuje chemicky nebo fyzikálně. Toxikologie má stránku popisnou, experimentální a teoretickou. Stojí na základech biologických a chemických. Podobá se význam-ně farmakologii. Existují toxikologické disciplíny, neboli aplikovaná odvětví:

- 1) popisná toxikologie
- 2) predikční toxikologie
- 3) soudní lékařství
- 4) průmyslová toxikologie
- 5) ekotoxikologie
- 6) toxikologie potravin
- 7) klinická toxikologie
- 8) toxikologie agrochemikálií

## 2. Otrava (intoxikace), její projevy, účinky jedů na organismus

působení cizorodé látky na lidský organismus se může navenek projevit celou škálou rozmanitých účinků, od lehké nevolnosti, přes poruchy zažívání, nervové soustavy, až po smrt. Otrava je poškozením životních funkcí organismu v důsledku působení jedovaté látky. Může se projevit po jednorázové dávce, pak se jedná o „akutní“ otravu, či po dlouhodobém působení na organismus, v tomto případě se jedná o „chronickou otravu.“ Oba druhy otrav se mohou významně lišit. Dále můžeme mluvit o rozdělení podle vratnosti na a) vratný a b) nevratný. Podle projevů (manifestací) můžeme mluvit o druzích účinku:

- 1) přímý toxický účinek – poškození či odumření buněk
- 2) biochemický účinek – ovlivnění biochem.
- 3) imunotoxickém účinku – snížení imunity, alergická reakce
- 4) mutagenitě – změna genetické informace
- 5) karcinogenitě – změna gen. inf. vedoucí ke zhoubnému bujení
- 6) teratogenitě – poškození plodu

## 3. Toxicita a riziko. Vztah mezi fyzikálně – chemickými vlastnostmi látky a rizikem

V dnešní době, kdy existuje přibližně  $10^7$  chemických látek a připravit novou látku je podstatně jednodušší než otestovat její toxicitu, byly vyvinuty a stále se vyvíjejí postupy umožňující toxicitu otestovat na základě chemické struktury a fyzikálně chemických vlastností. Studují se, kvantitativně a kvalitativně, vzta-hy mezi strukturou a biologickým účinkem. SAR – *structure activity relationship* a QSAR – *quantitative structure activity relationship* (např. látky X-CH<sub>2</sub>-CO mají slizotvorný účinek)

## 4. Účinky jedů v závislosti na dávce a koncentraci

rozdělení látek podle nebezpečnosti (množství udávané jako smrtelná dávka pro člověka):

- 1) prakticky netoxické: > 15 g/kg , > 1l (např. voda, BaSO<sub>4</sub>)  
 2) málo toxické: 5 - 15 g/kg, 0,5-1l  
 (např. Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) )  
 3) mírně toxické: 0,5 - 5g/kg, 0,05-0,5l (např. NaCl)  
 4) silně toxické: 50mg - 500mg/kg, lžička - 0,05l (např. methanol)  
 5) extrémně toxické: 5mg - 50mg/kg, 7kapek - lžička (např. BaCl<sub>2</sub>, KClO<sub>3</sub>)  
 6) super toxické: < 5 mg/kg, < 7 kapek (např. nikotin, botulotoxin)

nejtoxicičtější syntetickou látkou je 2,3,7,8 TCDD, tetrachloridbenzoldioxyn

## 5. Toxické projevy chemických látek, druhy účinku

cizorodá látka může působit buď na místě vstupu tzn. lokálně nebo po distribuci do organismu a krevního řečiště systémově, provedeme podrobnější zkoumání druhů účinku (viz. Rozdělení v otázce č. 2), 1. imunotoxicita: imunitní systém reaguje na cizorodé látky, tím, že začíná tvořit protilátky, toxické látky mohou tento účinek potlačit (imunosuprese) nebo naopak vyvolat nepřiměřenou reakci imunitního systému (alergickou reakci). Mnoho jednoduchých chem. látek působí imunosupresivně. Například benzen, ozon. Pro alergickou reakci je charakteristické, že může být vyvolána i malým množstvím cizorodé látky. 2. teratogenita: mnohé látky mají schopnost poškodit embryo, případně plod při dávkách, které nejsou pro matku toxické, většinou se dítě narodí sice životaschopné, ale těžce deformované. Nejznámějším teratogenem je N-(2,6-dioxo-3-piperidiny)lftalimid (známý jako thalidomid). Aféra s thalidomidem vedla k zavedení povinného testování léčiv na teratogenitu. 3. mutagenita: pokud dojde působením chemické látky ke změně struktury některé base nukleonové kyseliny, např. k alkylnaci na dusíku nebo kyslíku, není takto pozměněná base schopna vytvořit příslušný pár, dochází ke změně kódované informace, mutaci. 4. karcinogenita: mutace v genetickém materiálu DNK nebo RNK se může projevit zhoubným bujením napadené tkáně a vznikne nádor. Prvotní příčinou vzniku může být mutace, avšak vztah mezi mutagenitou a karcinogenitou není jednoznačný. Mutagenita není nutnou ani postačující podmínkou karcinogenity. Většina karcinogenů má mutagenní účinky, ale nádorové bujení mohou vyvolat i látky nemutagenní. Mutagenita sama o sobě neznamena, že musí jít o karcinogen.

## 6. Způsoby zjišťování toxicity látek

Získání všestranných toxikologických údajů o dané látce je záležitost experimentálně značně náročnou a nákladnou, proto je třeba každou látku testovat s ohledem na její užití. Základním údajem o akutní toxicitě je smrtelná dávka (DL - *dosis letalis lat.* nebo LD - *lethal dose, angl.*), případně smrtelná koncentrace (CL *lat.*, LC *angl.*) Nejčastěji se určuje LD<sub>50</sub>, tedy dávka při které uhynie 50% pokusných zvířat (resp. CL<sub>50</sub> - pro plyny). Dalšími údaji jsou NOAEL - dávka při, které nebyl sledován škodlivý účinek (*no observable adverse effect level*) a LOAEL - nejnižší dávka, při které byl sledován škodlivý účinek (*lowest observable adverse effect level*). Máme-li posoudit rizika plynoucí z práce s určitou látkou, je třeba sáhnout také po literárních údajích. Základní českou příručkou je Marholdův „Přehled průmyslové toxikologie.“

## 7. Vstup jedů do organismu – srovnání nebezpečí při různých cestách vstupu

Cizorodá látka se může do organismu dostat různými způsoby, z hlediska práce v chemii je nejdůležitější z nich vstup vdechováním a pokožkou. **1. vstup vdechováním:** při této cestě se plyny, páry kapalin, kapičky aerosolu nebo prachové částice dostávají do těla dýchacími cestami, v horních cestách dýchacích se část těchto látek může zdržovat (zejména části rozpustné ve vodě), zbytek se dostává až do plicních sklípků a odtud do krve. **2. cesta perorální – požitím:** pokud se dostanou škodlivé látky do zažívacího traktu zpravidla nezpůsobují otravu, protože nemohou působit systémově, musí být nejprve vstřebány do krve, k tomu dochází zejména v tenkém střevě, do jaké míry se látky absorbují záleží na jejich lipofilitě (rozpustnosti v tucích) **3. vstup kůží:** neporušená lidská kůže tvoří určitou bariéru pro vstup cizorodých látek, účinek látky působící na kůži může být lokální (dráždivý, leptavý) nebo systémový, dojde-li ke vstřebání do organismu. Je těžké předpovídat schopnost látek procházet kůží, závisí na vlhkosti kůže, teplotě, věku.... Jsou známy smrtelné otravy po absorpci kůží.

## 8. Biotransformace a vylučování příklady metabolismu cizorodých látek

Většina látek podléhá po vstupu do organismu chemickým přeměnám, biotransformaci (metabolickým přeměnám). Na těchto přeměnách se podílejí četné biokatalyzátory – enzymy. Produkty metabolismu jsou zpravidla lépe rozpustné ve vodě, více hydrofilní, než výchozí látka a jsou proto lépe vylučovány z těla, i když to není pravidlem. Biotransformační enzymy se vyskytují hlavně v játrech. Tento orgán bývá připodobňován k chemické továrně celého těla. Cizorodé látky se z těla vylučují hlavně močí, stolicí a ve vydechovaném vzduchu. Některé látky potřebují být biotransformovány, než mohou být vyloučeny.

## 9. Toxicita látek v závislosti na jejich chemické struktuře, možnosti predikce

viz. otázka 3 SAR a QSAR

## 10. Nejvyšší přípustné koncentrace (NPK), definice, význam

Používání škodlivých látek v civilizovaných státech je řešeno právními předpisy. Příslušnými institucemi jsou stanovovány expoziční limity. Pojetí těchto limitů se v různých státech značně liší u nás je podáváno takto: NPK-P tzv. nejvyšší přípustná koncentrace v pracovním prostředí, jsou takové koncentrace plynů, par a aerosolů, o nichž se podle dnešních vědeckých poznatků předpokládá, že nepoškodí zdravotní stav osob jim vystavených. Platný seznam je obsažen ve směrnici č. 178/2001Sb. Definice NPK i jejich hodnoty jsou předmětem mnoha diskuzí a kritiky, zejména proto, že neřeší dobu expozice. Za povšimnutí také stojí, že pro páry látek platí také jiné hodnoty než pro jejich aerosoly. Pro aerosoly jsou podstatně nižší. Kromě limitních koncentrací pro ovzduší se také zavádějí tzv. **biologické expoziční limity**, což jsou nejvyšší přípustné koncentrace v moči, krvi, nebo vydechovaném vzduchu).

## 11. Toxikologie alkalických kovů a kovů alkalických zemin (skupiny I.A,

### II.A)

**Vodík** – netoxický plyn, který snadno hoří a se vzduchem tvoří výbušné směsi, nebezpečné jsou ( $H_2S$ ,  $PH_3$ ,  $AsH_3$ ,  $B_2H_6$ ) **alkalické kovy** – celkový účinek kationů alkalických zemin nepřichází v průmyslové toxikologii příliš v úvahu, hlavní poškození je vyvoláno místními leptavými účinky a to jak sloučeninami, tak i koncentrovanými roztoky ( $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $Na_2CO_3$ ), poleptání očí může mít za následek až oslepnutí, nebezpečné jsou dále uvedené **hydroxidy**, jejichž zásaditost stoupá od lithia k cesiu:  $LiOH < NaOH < KOH < RbOH < CsOH$ , **hydridy** jako  $LiH$ ,  $NaH$  a  $KH$  reagují se vzdušnou vlhkostí, dochází k jejich samovznícení, **lithium** v těle se vyskytuje ve stopovém množství, účinek iontu  $Li$  je charakterizován únavou, poruchami zraku, nespavostí a depresemi, používá se k léčení v psychiatrii, **sodík** jedná se o biogenní prvek, který reguluje objem krve a udržuje rovnováhu kapalin a tlaku vně i uvnitř buněk, má významný vliv na přenos nervových impulsů, srdeční činnost, metabolismus cukrů a proteinů, ve **skupině kovů alkalických žíravých zemin** ( $Be$ ,  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ ,  $Ra$ ) má význam hlavně berylium, stroncium a baryum. Závažný je silně leptavý účinek kyslíčků a hydroxidů těchto kovů na kůži. **Berylium** – je toxické pro většinu tkání a orgánů, byla i něj prokázána karcinogenita i mutagenita s latentní periodou 5-25 let. Akutní otravy jsou vzácné. Projev chronické otravy plic je bez příznaků. **Baryum** – z toxikologického hlediska významný prvek, toxicita solí barya záleží hlavně na jejich rozpustnosti, velmi jedovaté jsou: **chlorid, chloran, dusičnan, octan a uhličitán barnatý**. Způsobují zánětlivá onemocnění mozku, degenerativní změny jater a sleziny, působí na hladké srdeční svalstvo (smrt nastává ochrnutím srdce), **BaSO<sub>4</sub>** čistý je nerozpustný ve vodě a kyselinách, tudíž netoxický.

## 12. Významně jedovaté prvky skupin III.A – V.A a jejich sloučeniny

III. skupina - jedná se o prvky  $B$ ,  $Al$ ,  $Ga$ ,  $In$ ,  $Tl$ , **Bor** – patří mezi esenciální prvky, jedovatost sloučenin boru se většinou podceňuje (smrtelná dávka pro člověka je 0,1 – 0,5 g/kg), projevy jsou rozdílné (zvracení, průjemy, atd.), **Diboran** ( $B_2H_6$ ) jedná se o samozápalný plyn, dráždí plíce asi jako fosgen, dochází k poškození ledvin, při malých dávkách způsobuje demenci, při vyšších smrt, **Hliník** – pro člověka málo toxický, hlavní příznaky otrav jsou poruchy řeči, předpokládá se, že přispívá k Alzheimerově chorobě, **Thalium** – otravy thaliem jsou celkem časté (záměny jedu na krysy, či úmyslně), je podezřelý z teratogenity a karcinogenity, při velkých dávkách nastává delirium, křeče, hluboké bezvědomí a smrt, při menších dávkách vyvolává zvracení a krvavé průjemy, častým příznakem otravy je vypadávání vlasů, chronické otravy vzácné  
IV. skupina –  $C$ ,  $Si$ ,  $Ge$ ,  $Sn$ ,  $Pb$  **CO** – je zákeřným jedem, protože není detekován smyslovými orgány, hlavním účinkem je přeměna hemoglobinu  $Hb$  na karboxyhemoglobin  $HbCO$ , takže nedochází k přenosu kyslíku a dochází k udušení organismu, **CO<sub>2</sub>** – není toxický v pravém slova smyslu, pouze nedýchateľný, možnost otrav v jeskyních, **COCl<sub>2</sub>** (**fosgen**) jedna z nejtoxičtějších průmyslově vyráběných látek, akutní otravy vedou ke smrti (edem plic), **HCN** (**kyanovodík**) má silně dusivý účinek, ovlivňuje vnitřní dýchání tkání, akutní otrava má průběh silně závislý na množství vstřebené látky a končí často smrtí, nejmenší dávka usmrcující člověka se udává 40mg/kg. Alkalické kyanidy **NaCN**, **KCN**, nejsou tak nebezpečné, jejich nebezpečnost asi 2krát nižší, **K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]** a **K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]** nejsou téměř toxické, nebezpečnost látek **CCl<sub>4</sub>**, **CH<sub>3</sub>Cl**, **CH<sub>2</sub>Cl** spočívá v tom, že všechny za určitých podmínek mohou tvořit fosgen, **Olovo** – otravy jsou známy již od starověku, ve 20. stol významně poklesl výskyt akut-

ních otrav, avšak dochází ke zvýšenému zamoření prostředí sloučeninami olova. Jde o kumulativní jed hromadící se v kostech, je podezřelý na karcinogenitu ledvin a plic V. skupina – N, P, As, Sb, Bi, významné jsou oxidy dusíku jako **N<sub>2</sub>O** známý jako rajský plyn, **NO** se vzduchem se oxiduje na **NO<sub>2</sub>**, jehož hlavním účinkem je dráždění sliznic, **HNO<sub>3</sub>** – kyselina dusičná, silná kyselina má dráždivé a dusivé účinky (edém plic), energetické oxidační činidlo, s organickými látkami tvoří výbušné směsi, **P bílý** – smrtelná dávka pro člověka 1mg/kg, dochází k poškození kostí, vleklým infekcím, je samozápalný, používá se jako napalm, akutní otrava, dochází k poškození jater, **PH<sub>3</sub> fosfan**, 1,4mg/m<sup>3</sup> za 5min. může usmrtit člověka, **Arsen** – kovový arsen je nejedovatý, v organismu je metabolizován na toxické látky, nejčastěji na oxid arsenitý, akutní otravy se projevují zvracením, průjmami, svalovými křečemi, ochrnutím a zástavě srdce, **As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, **AsCl<sub>3</sub>**, **AsF<sub>3</sub>**, jsou mnohem toxičtější než sloučeniny pětivazného arsenu, řadí se mezi významné látky mutagenní, teratogenní a karcinogenní. **As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>**, **As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>**, jsou prakticky netoxické, avšak rozpouštějí se v žaludku, **Sb** – jeho soli mají podobné účinky jako soli arsenu

### 13. Významně jedovaté prvky skupin VI.A – VII.A a jejich sloučeniny

VI. skupina – O, S, Se, Te, **O<sub>3</sub> (ozon)** je velmi toxický, chronicky poškozuje plíce, podezřelý z karcinogenity, **SO<sub>2</sub>**, **SO<sub>3</sub>**, jejich hlavním účinkem je dráždivost, popsány otravy smogem, **H<sub>2</sub>S (sulfan)** – obsažen ve zkažených vejcích, ve vysokých koncentracích nepáchne, může způsobit edém plic, při akutní otravě koncentrace nad 1400mg/m<sup>3</sup> způsobuje okamžitou smrt, **Selen** – kovový je málo jedovatý, jeho sloučeniny vysoce jedovaté, podezřelé na karcinogeny, **H<sub>2</sub>Se** – účinek dráždivý, senzibilizující, imunotoxický VII. skupina – F, Cl, Br, I, **Chlor** – používán jako bojový plyn v 1.sv. válce, způsobuje edém plic, **Fluor** – vysoce reaktivní prvek, který působí na pokožku jako plamen, v nízkých koncentracích dochází jen k otokům, **Brom** – v párách podobné účinky jako chlor, kapalný poškozuje tkáň, ošetřujeme glycerolem. **Iod** – esenciální prvek, nepostradatelný pro život, nedostatek vede k demenci, opakované působení na pokožku vyvolává rakovinu, látky typu **HX (HF, HI)** jsou velmi nebezpečné pro kůži

### 14. Toxikologie kovů skupiny II.B

Zn, Cd, Hg, **Zinek** – nejméně toxický, jedná se o biogenní prvek, **Kadmium** – velmi toxický prvek, narušuje fungování enzymů, několik gramů může usmrtit člověka, dochází ke dráždění dýchacích cest, při chronické otravě působí na kosti, je známý karcinogen, způsobuje neplodnost, **Rtuť** – nejstarší a nejvýznamnější průmyslový jed, inhibuje enzymy obsahující sulfhydrylové skupiny (těžký kov), působí na kůži, působí podobně jako P, **Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (kalomel)** je málo toxický a **HgS** není považován za jed, **Hg(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (dimethylrtuť)** – I po jedné dávce může dojít ke smrti, **Hg<sub>2</sub>Cl (chlorid rtuťnatý)** – vstřebává se i pokožkou, smrtelná dávka 0,2 – 1g, **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>HgCl (fenylmerkurichlorid)** – způsobuje závažné poškození jater, srdce, vznik anémie a leukopenií a alergií

### 15. Toxikologie kovů skupiny VIB a VIIB, jejich toxické sloučeniny

VI.b skupina – Cr, Mo, W, U, **Chrom** – dochází k dráždění nosní sliznice (vede až k její erozi), karcinogenní látka, akutní otrava se projevuje: závratěmi, zvracením, zrychleným tepem, používá se do mycích prostředků, **Cr<sup>4+</sup> < Cr<sup>3+</sup> < Cr<sup>6+</sup>** (vzrůstající toxicita u kationů chromu), <sup>92</sup>**Uran** – uran je toxikologicky význam-

ným prvkem nebezpečnějším svojí jedovatostí než radioaktivitou, ovlivňuje glycidový mechanismus, poškozují ledviny, játra, některá životně důležitá centra, je karcinogenem. Přirozený uran obsahuje převážně  $^{238}\text{U}$  a za radioaktivní látku se považuje podle ČSN 341730 množství nad 1kg. Všechny sloučeniny uranu jsou podle zákona jedy. VIII.b skupina – Fe, Co, Ni, **Železo** – významný biogenní prvek, důležitý pro krvetvorbu a přenos kyslíku (hemoglobin).

Z toxikologického hlediska jsou významné zvláště oxidy a pentakarbonyl železo.  **$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$**  (zelená skalice, heptahydrát) způsobuje po požití podráždění žaludeční sliznice, poškození jater a ve větších dávkách smrt. **Nikl** – je zastoupen v organismu ve stopovém množství, avšak zatím není známa je funkce, z toxikologického hlediska patří mezi významné jedy, nejtoxičtější je  **$\text{Ni}(\text{CO})_4$** , těkavý plyn, způsobuje problémy zažívacího traktu podobně jako  **$\text{Fe}(\text{CO})_5$**  či  **$\text{CO}_2(\text{CO})_8$**

## 16. Toxikologie alifatických a aromatických uhlovodíků

**alifatické uhlovodíky** – průmyslová toxikologie uhlovodíků je významná z hlediska širokého okruhu exponovaných osob (paliva, pohonné látky, rozpouštědla) a jednak z hlediska jejich rozmanitých, často velmi závažných účinků, uhlovodíky  $\text{C}_1$  až  $\text{C}_4$  mají významný dusivý účinek (methan, ethan), u nenasycených cyklických (etylen, cyklopropan) pak účinek narkotický, se stoupajícím počtem násobných vazeb (dvojných, trojných) obvykle stoupají narkotické účinky cyklohexan < cyklohexen < cyklohexadien < benzen, alifatické uhlovodíky  $\text{C}_4$  až  $\text{C}_{12}$  jsou zvláště nebezpečné hořlaviny (I. třídy) **aromatické uhlovodíky** – jsou to výborná rozpouštědla tuků, olejů a vosků, našly široké uplatnění jako ředidla barev, laků, některých plastických hmot, kaučuku. Z toxikologického hlediska se jedná o významnou skupinu látek, která poškozují řadu životně důležitých funkcí jako játra (hepatotoxický účinek), ledviny (neurotoxický účinek), kardiovaskulární systém (srdce, cévy), v účincích na krvetvorbu je benzen vysoce nebezpečná látka, která může vyvolat leukemii. Ke specifickým účinkům naftalenů a jeho hydrodigenovaným analogům se přisuzuje vznik šedého zákalu (kataraktogenní účinek). Ojedinělou vlastností v řadě aromatických uhlovodíků je fotosenzibilizující účinek antracenu, **Benzen** ( **$\text{B}_2\text{H}_6$** ) jedná se o hořlavou kapalinu char. zápachu. Akutní intoxikace se projevuje narkotickými účinky: opilst, nejistá chuze, zavrať. Ve vyšších koncentracích nastává bezvědomí, jedná se o podezřelý karcinogen, **Toluen** ( **$\text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_5$** ) akutní otrava se projevuje jako otrava alkoholem „toluenová narkomanie.“ Vzniká excitace až opilst, nausea, bezvědomí. **Xyleny** ( **$\text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_3$** ) neboli dimethylbenzeny, je méně nebezpečný než toluen, toxicita se projevuje ospalostí, poruchami spánku. **Solventní nafta** – směs benzenu, toluenu, xyleny, ethylbenzeny a dalších) akutní otrava připomíná otravu benzenem.

## 17. Toxikologie organických halogenderivátů

Organické halogenderiváty tvoří z toxikologického hlediska významnou skupinu sloučenin s rozmanitou škálou účinků **dráždivé účinky**: významné u nenasycených derivátů s allylovým seskupením: allylchlorid < allylbromin < allyljodid **hepatotoxicita**:  $\text{CCl}_4$ , polychlorované naftaleny **nefrotoxicita**: allylchlorid, methylbromid **kardiovaskulární systém**: pentachloretoh, ethylchlorid, vinylchlorid o karcinogeních účincích těchto látek, které jsou organismu cizí se vedou spory, v ČR jsou mnohé zařazeny jako podezřelé karcinogeny např.  $\text{CH}_3\text{I}$ ,  $\text{CHCl}_3$  (chloroform) dříve používalo jako anestetikum

## 18. Významné jedy mezi kyslíkatými látkami

**methanol** ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) – bezbarvá kapalina, alkoholické zápachu i chuti, je pálivá, v těle se metabolizuje na formaldehyd, který je vysoce toxický, akutní smrtelná dávka je asi 30ml, slepotu mohou vyvolat dávky již 7-15ml, **ethanol** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) bezbarvá čirá kapalina, akutní toxická dávka je 6 až 8g na kg, **1-propanol** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) toxicita a narkotické účinky jsou vyšší než ethanolu a 2-propanolu, **Fenol** ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) – silně leptá pokožku, po požití prudké bolesti v dutině ústní, **kresoly** – deriváty fenolu jsou nebezpečné žíraviny a jejich požití má za následek většinou smrt, **Diethyleter** – po nadýchání par a po požití vyvolává opilost rychleji než alkohol, smrtelná dávka je 25ml. **Di(chlormethyl)eter** – bezbarvá kapalina páry těžší než vzduchu, po několika minutové expozici může dojít k edému plic. Jedná se o prokázaný karcinogen, byl používán jako bojový plyn. **Ethylenoxid (oxiran)** – za normálních podmínek plyn páchnoucí po shnilých jablkách. Pro člověka jedovatý asi jako svítiplyn. V malých koncentracích dráždí oči a sliznici asi jako amoniak. Může způsobit plicní edém, podezřelý z karcinogenity. **Tetrahydrofuran (oxolan)** – relativně málo toxická látka, vysoké koncentrace mají narkotické účinky. Po dlouhodobé expozici dochází k poškození jater. **1,4 dioxan** páry silně dráždí oči a způsobují zánět spojivek, po inhalaci většího množství dochází k bezvědomí vedoucímu často k úmrtí. **Methanal** ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) jedná se o mutagen a karcinogen, chronická otrava je charakteristická bolestmi hlavy a zažívacími obtížemi. **Ethanal**, neboli **acetaldehyd** ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) – akutní otrava acetaldehydem je podstatou stopethylové reakce při léčení alkoholismu, **2-propanol** ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) neboli **aceton** – bezbarvá látka, silně těkavá, výborné rozpouštědlo, na organismus působí jako narkotikum a postihuje všechny oblasti CNS.

## 19. Toxicita organických sloučenin dusíku, fosforu a síry

z toxikologického hlediska se jedná o rozsáhlé třídy látek, zmíníme se jen o některých, z dusíkatých látek např.: **dimethylamin** ( $\text{CH}_3$ ) $\text{NH}$  – působí místně dráždivě až leptavě na kůži sliznici a oči. Vyvolává degenerativní změny, při reakci s kyselinou dusitou vzniká ( $\text{CH}_3$ ) $\text{NNO}$ , který je prokázaným karcinogenem, **1,2 diaminoethan** ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) – tato látka je relativně značně toxická, poškozuje zejména dýchací ústrojí, **nitromethan** ( $\text{CH}_3\text{NO}_2$ ) a **nitroethan** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$ ) mají dráždivé účinky na sliznici dýchacího traktu, po velké expozici může dojít k edému plic.