

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zdravotně sociální fakulta**



**TOXIKOLOGICKÉ ASPEKTY  
CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ**

*doplňkové texty pro posluchače kombinované formy studia  
studijního programu „Ochrana obyvatelstva“*

*studijního oboru „Ochrana obyvatelstva se zaměřením na CBRNE“*

**doc. Ing. Stanislav Florus, CSc.**

**ČESKÉ BUDĚJOVICE 2007**

# 1 Rozdělení škodlivin a jejich stručná charakteristika, charakteristika základních fyzikálních veličin používaných k popisu fyzikálních vlastností nebezpečných škodlivin, základní chemické vlastnosti a vyjadřování koncentrace škodlivin v ovzduší

## 1.1 Rozdělení škodlivin a jejich stručná charakteristika

**Chemické látky** jsou chemické prvky a jejich sloučeniny v přírodním stavu nebo získané výrobním postupem včetně případných přísad nezbytných pro uchování jejich stability a jakýchkoliv nečistot vznikajících ve výrobním procesu, s výjimkou rozpouštědel, která mohou být z látek oddělena beze změny jejich složení nebo ovlivnění jejich stability.

**Chemické přípravky** jsou směsi nebo roztoky složené ze 2 nebo více látek.

**Nebezpečné látky** nebo **nebezpečné přípravky** jsou látky nebo přípravky, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností, pro které jsou klasifikovány jako:

- a) **výbušné**, jimi jsou pevné, kapalné, pastovité nebo gelovité látky a přípravky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle shoří nebo po zahřátí rychle vybuchují, jsou-li umístěny v částečně uzavřené nádobě;
- b) **oxidující**, které při styku s jinými látkami, zejména hořlavými, vyvolávají vysoce exotermní reakci;
- c) **extrémně hořlavé**, které v kapalném stavu mají nízký bod vzplanutí a nízký bod varu, (*nižší než 0 °C a bod varu nižší než 35 °C*), nebo které jsou v plynném stavu vznětlivé při styku se vzduchem za normální (pokojevé) teploty a normálního (atmosférického) tlaku;
- d) **vysoce hořlavé**, které:
  - se mohou samovolně zahřívat a poté se vznítit ve styku se vzduchem za normální (pokojevé) teploty, normálního (atmosférického) tlaku a bez dodání jakékoliv energie;
  - se mohou v pevném stavu snadno vznítit po krátkém styku se zápalným zdrojem a po odstranění zápalného zdroje dále hoří nebo doutnají;
  - mají v kapalném stavu nízký bod vzplanutí nižší než 21 °C a nejsou extrémně hořlavé;
  - při styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích nejméně 1 dm<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup>.hod<sup>-1</sup>;
- e) **hořlavé**, které mají v kapalném stavu nízký bod vzplanutí v rozmezí od 21 °C do 55 °C;
- f) **vysoce toxické**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i ve velmi malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;

- g) **toxické**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží v malém množství mohou způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;
- h) **zdraví škodlivé**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt;
- i) **žiravé**, které při styku s živou tkání mohou způsobit její zničení;
- j) **dráždivé**, které nemají vlastnosti žiravin, ale při okamžitém, dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí mohou vyvolat zánět;
- k) **senzibilizující**, které po vdechnutí, požití nebo při styku kůží mohou vyvolat přecitlivělost tak, že při další expozici vznikají charakteristické příznaky;
- l) **karcinogenní**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu rakoviny;
- m) **mutagenní**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu genetických poškození;
- n) **toxické pro reprodukci**, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu nedědičných poškození potomků, poškození reprodukčních funkcí nebo schopností reprodukce muže nebo ženy;
- o) **nebezpečné pro životní prostředí**, které po proniknutí do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí.

## 1.2 Charakteristika základních fyzikálních veličin používaných k popisu fyzikálních vlastností nebezpečných škodlivin

**Teplota (bod) tání (tuhnutí)** –  $T_t$ , [°C] je teplota, při které látka přechází ze skupenství pevného do skupenství kapalného nebo naopak. Je to tedy teplota, při které mohou za daného tlaku vedle sebe existovat pevná a kapalná fáze jedné a téže látky. Tato teplota je někdy také nazývána teplotou (bodem) zvratu.

**Teplota (bod) varu** -  $T_v$ , [°C] je teplota, při které se látka v celém svém objemu mění z kapalného na plynné skupenství. Teplota varu kapaliny je závislá na okolním tlaku.

**Teplota (bod) vzplanutí** -  $T_{vz}$ , [°C] je nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného

plamene krátce vzplanou, ale dále nehoří. Při teplotách pod bodem vzplanutí není možné zapálení látky, protože tlak jejích par je příliš malý k tomu, aby se vytvořily zápalné směsi par se vzduchem.

**Teplota hoření** –  $T_h$ , [°C] je nejnižší teplota hořlavé látky, při níž se tvoří tolik hořlavých par, že se tyto páry při přiblížení otevřeného plaménku vznítí a samy dále hoří. Při dosažení teploty hoření je rychlost odpařování nejméně tak velká, jako rychlost spalování, takže páry se dále tvoří v dostatečném množství a spontánní spalování se dále udržuje.

**Teplota vznícení** –  $T_z$ , [°C] je nejnižší teplota, při které se za definovaných zkušebních podmínek hořlavá látka ve směsi se vzduchem sama bez iniciace vznítí. Jako vznícení se označuje začátek chemické reakce směsi plynu nebo páry se vzduchem za objevení se otevřeného plamene. Při stanovení této veličiny se vznícení vyvolává pouze působením tepla, nikoliv otevřeným plamenem nebo jiskrou.

**Oblast (meze) výbušnosti**, [obj.%, g.m<sup>-3</sup>] – oblast koncentrací směsi plynu, páry nebo prachu se vzduchem, ve které směs při zapálení zdrojem vznícení vybuchuje. Přitom se hoření samo šíří velkou rychlostí, aniž by se po zapálení musela přidávat další energie a vzduch. Mezní koncentrace oblasti výbušnosti se označují jako dolní (nejnižší koncentrace hořlavého plynu) a horní (nejvyšší koncentrace hořlavého plynu) mez výbušnosti.

Všechny hořlavé látky jsou ve směsi se vzduchem zapalitelné jen uvnitř oblasti výbušnosti. Pokud je koncentrace pod dolní mezí výbušnosti, není tato směs ani výbušná, ani hořlavá. Pokud je koncentrace směsi nad horní mezí výbušnosti, je směs hořlavá jen za přístupu vzduchu, ale snadno se může stát výbušnou po odpovídajícím zředěním se vzduchem. Čím větší je oblast výbušnosti, tj. rozmezí mezi dolní a horní mezí výbušnosti, tím je látka nebezpečnější.

**Hustota** -  $\rho$ , [kg.m<sup>-3</sup>, g.cm<sup>-3</sup>] je hmotnost jednotkového objemu homogenní látky. Hustota látky závisí na teplotě, proto se u údaje o hustotě vypisuje i teplota, při které byla změřena.

**Relativní hustota par (plynu)** –  $d$ , [-] je bezrozměrné číslo udávající kolikrát je hustota par (plynu) dané látky těžší ve srovnání se vzduchem, jehož hustota je za dané teploty a tlaku rovna jedné.

**Výhřevnost** -  $Q$ , [MJ.kg<sup>-1</sup>] je množství tepla na jednotku hmotnosti, které vznikne při dokonalém spálení látky a které se při hoření může uvolnit. Na rozdíl od spalného tepla se nebere přitom ohled na kondenzační teplo vody vytvořené při spálení látky. Čím je látka výhřevnější, tím více vody je potřeba na její uhašení.

### 1.3 Základní chemické vlastnosti

**Hydrolyza** – je považována za základní chemickou reakci, podle jejíž rychlosti a mechanismu se usuzuje na reaktivitu látky s vodou, ať již kapalnou nebo s parami. Tato chemická reakce ilustruje stálost při skladování (zpravidla všude přítomný obsah vlhkosti) a schopnost dané látky (přípravku) kontaminovat na určitou dobu zdroje vody. Hydrolyza je rovněž považována za důležitou dekontaminační reakci. Hydrolyza může probíhat v prostředí o různém pH rozdílnou rychlostí.

**Oxidace** – je děj, při němž se zvyšuje oxidační číslo látky. V organické chemii je pak za oxidaci považována reakce, při níž látka získává kyslík. Oxidace, při níž dochází k adici molekulového kyslíku označujeme jako oxygenaci. Oxidace je významná reakce, která může vést ke vzniku sloučenin s nebezpečnými vlastnostmi vzhledem k původní sloučenině, nebo může být významná z hlediska dekontaminace. (př. oxidace

ethanolu vede ke vzniku acetaldehydu a dále ke vzniku kyseliny octové). Schopnost látky k oxidaci ukazuje i na stálost látky při skladování nebo na nutnost provedení opatření k zabránění znehodnocení látky při skladování či používání.

**Halogenace** – chemická reakce, kterou se zavádí halogen do molekuly organické sloučeniny. Tato reakce, vedle hydrolytických reakcí patří k nejvýznamnějším dekontaminačním reakcím. Zejména pro dekontaminaci otravných látek má tato reakce nezastupitelné místo.

#### 1.4 Vyjadřování koncentrací nebezpečných škodlivin v ovzduší

K vyjadřování koncentrací nebezpečných škodlivin v ovzduší jsou používány dva způsoby: koncentrace hmotnostní a koncentrace objemová.

**Hmotnostní koncentrace** se vyjadřuje nejčastěji v miligramech látky na decimetr krychlový vzduchu ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) nebo v miligramech na metr krychlový ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Při vyjádření **objemové koncentrace** se nejvíce užívá údaj v ppm, což značí pars per milion, v objemových částech v milionu, tedy v kubických centimetrech (mililitrech) na krychlový metr ( $\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ). U velkých koncentracích se užívá vyjádření v objemových procentech (obj.%), což odpovídá  $1 \text{ obj.\%} = 10000 \text{ ppm}$ .

Hmotnostní a objemové koncentrace lze navzájem přepočítávat. Pro teplotu  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlak  $101,325 \text{ kPa}$  platí:

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{Molární hmotnost, } [\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}]}{24450} \cdot [\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}]$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{Molární hmotnost, } [\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}]}{24,450} \cdot [\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}]$$

$$1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3} = 1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} = \frac{24450}{\text{Molární hmotnost, } [\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}]} \cdot [\text{ppm}]$$

Výše uvedené vztahy platí pouze pro plyny a páry v ovzduší.

### **Doporučená literatura**

Zákona č. 356/2003 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů  
ČERVINKA, Otakar, DĚDEK, Václav, FERLES, Miloslav. *Organická chemie*. Praha: SNTL, 1980. 792 s.  
MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky*. Praha: Avicenum, 1980. 528 s.  
MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie. Organické látky*. Praha: Avicenum, 1986. 1700 s.

### **Klíčová slova**

Škodlivina, nebezpečná škodlivina, chemická látka, chemický přípravek, nebezpečné vlastnosti látek, fyzikální vlastnosti nebezpečných škodlivin, hydrolyza, oxidace, halogenace, hmotnostní koncentrace, objemová koncentrace

### **Kontrolní otázky**

1. Jaký je rozdíl mezi chemickou látkou a chemickým přípravkem?
2. Vyjmenujte některé nebezpečné vlastnosti látek a stručně je charakterizujte.
3. Z jakého důvodu je třeba znát základní fyzikální charakteristiky nebezpečných škodlivin?
4. Jaké znáte nejdůležitější chemické vlastnosti látek a v čem spočívá jejich důležitost?
5. Jak může být vyjádřena koncentrace škodlivin v ovzduší?

## 2 Vlastnosti nebezpečných škodlivin, možnosti ochrany, dekontaminace a první pomoc

### 2.1 Amoniak

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý plyn pronikavého dusivého zápachu, lehčí než vzduch, snadno zkapalnitelný. Ve vodě je snadno rozpustný, dobře se rozpouští i ve většině běžných organických rozpouštědel, např. v ethanolu, acetonu, benzenu aj. Páry amoniaku ve vzduchu mohou vytvářet výbušnou směs.
- **Chemické vlastnosti:** silná oxidační činidla. Prudce reaguje se silnými kyselinami, jako jsou kyselina chlorovodíková, sírová, dusičná, za vzniků amonných solí. Prudce reaguje s halogeny (chlor, brom), oxidem siřičitým, oxidem uhelnatým, chlorečnany, peroxidy, manganistany, dusičnany, chloridy, bromidy, fluoridy. Ve vodném roztoku se amoniak chová jako zásada. Při působení tepla (požáru) se uvolňuje plynný amoniak nebo dochází k rozkladu až do vzniku oxidů dusíku.
- **Toxické vlastnosti:** toxický. Zjistitelný čichem při koncentraci 17 ppm (uváděno i 5 ppm). Páry silně dráždí oči a dýchací cesty. Nebezpečí vzniku otoku plic, který se může projevit i se zpožděním až 2 dnů. Dlouhé působení nižších koncentrací způsobuje podráždění spojivek, sliznic nosohltanu a průdušek, kašel a existuje i možnost vzniku rozedmy plic. Při styku s pokožkou způsobuje poleptání, v případě působení kapalného amoniaku i omrzliny. Při koncentraci 2500 ppm je půlhodinová expozice životu nebezpečná a koncentrace 5000 ppm rychle usmrcuje. Koncentrace vyšší než 10000 ppm (1 obj.%) poškozují již kůži a je nebezpečná i tehdy, jsou-li chráněny dýchací orgány. Pro delší pobyt je přípustná koncentrace 20 až 100 ppm. Hodinově přijatelná koncentrace 300 až 500 ppm. Při vysokých koncentracích (od 1000 ppm) hrozí zástava dechu a velmi rychlá smrt. Smrtelná inhalační koncentrace při pětiminutové expozici pro člověka je 30000 ppm.
- **Ochrana:** obličejová maska s ochranným filtrem typu K (značen zelenou barvou těla nebo pruhem) chrání dýchací cesty max. do 1 obj.% (7 mg.l<sup>-1</sup>). **Běžný filtr s aktivním uhlím amoniak nezachycuje.** Při vysoké koncentraci je třeba povrch těla chránit izolačními prostředky ochrany povrchu těla hermetického typu.
- **Dekontaminace:** zasažené povrchy omýt velkým množstvím čisté vody. Zasažené povrchy je možné dekontaminovat odvětráním. Neutralizaci amoniaku provést vodným roztokem kyseliny octové o koncentraci 3 % (je možné použít i vodné roztoky anorganických kyselin o koncentraci 3 %). Z místnosti je možné amoniak odstranit odvětráním.
- **První pomoc: při nadýchání** vynést na čerstvý vzduch, uvolnit oděv nebo zabránit další expozici nasazením prostředku ochrany dýchacích orgánů a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

### 2.2 Ethylenoxid

- **Fyzikální vlastnosti:** za normálních podmínek plyn se slabým zápachem po etheru. Je extrémně hořlavý, není samozápalný. Je snadno zkapalnitelný. Rozpustný ve vodě (s vodou reaguje), ethanolu, etheru, chloridu uhličitým, tetrahydrofuranu.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi reaktivní látka. Za normální teploty stálá. Vysokými teplotami a/nebo tlaky nebo za přítomnosti katalyzátorů se může prudce rozkládat. Nesmí přijít do styku s oxidačními činidly

(chlorečnany, peroxidy, manganistany, chloridy, bromidy, fluoridy, dusičnany), se silnými kyselinami (sírovou, chlorovodíkovou, dusičnou) se silnými zásadami (hydroxidy draselným a sodným), chloridem železitým, mědí, cínem, kovovým draslíkem, merkaptany, amoniakem a aminy. Se vzduchem vytváří výbušné směsi.

- **Toxické vlastnosti:** má výrazné místní dráždivé účinky, narkotický účinek a celkový toxický účinek. Zjistitelný čichem v koncentraci 420 ppm. Může být příčinou vzniku alergických chorob, je mutagenní a karcinogenní. Poškozuje červené krvinky. Jako příznaky akutní otravy se uvádí bolesti hlavy, zvracení, průjem. Narkotický účinek se projevuje velmi rychle a může přivodit smrt z deprese centrální nervové soustavy a zástavy dechu. Smrt může nastat i v důsledku otoku plic a později sekundární infekce plic. Ethylenoxid dráždí hlavně nosní sliznici. Kapalný ethylenoxid způsobí při vniknutí do oka intenzivní podráždění a poškození rohovky, oči dráždí i vyšší koncentrace plynu. Není známo, že by ethylenoxid vstupoval do těla přes kůži. Kůži však kapalný ethylenoxid poškozuje. Při nevelkém kontaktu je poškození jen nepatrné, delší kontakt s kůží může vést k tvorbě puchýřů i k hlubokému poškození, které se může projevit i za několik hodin po zasažení. Při styku kůže s kapalinou může dojít k omrzlinám. Přípustná pracovní koncentrace pro osmihodinový pobyt je 1 ppm, nejvyšší pak 5 ppm. Uvádí se však, že koncentraci 250 ppm lze vdechovat několik hodin bez následků, koncentraci 3000 ppm lze vdechovat nejvýše jednu hodinu, koncentrace 50000 až 100000 může způsobit smrt v několika minutách.
- **Ochrana:** obličejová maska s protiplynovým filtrem typu AX (hnědé tělo nebo pruh), který je určen pro použití proti nízkovroucím organickým sloučeninám s bodem varu rovným nebo nižším než 65 °C, udaných výrobcem. Filtr tedy musí být určen k záchytu ethylenoxidu. Při vysoké koncentraci (okolo 10000 ppm) je třeba povrch těla chránit izolačními prostředky ochrany povrchu těla hermetického typu.
- **Dekontaminace:** za normálních podmínek odpařením, při kontaminaci kapalným ethylenoxidem spláchnout zasažená místa velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem, opláchnout velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. Nutno provést ošetření případných místních omrzlin a poleptání kůže. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

### 2.3 Fenol

- **Fyzikální vlastnosti:** za normální teploty tuhá látka, tvořící bezbarvé (bílé) krystaly. Má specifický zápach. Za nepřístupu vzduchu je stálý, jinak po čase červená. Je hygroskopický. Je rozpustný ve vodě, v ethanolu, etheru, ethylacetátu, acetonu, benzenu, sirouhlíku, toluenu a chloroformu. Je hořlavý. Jeho páry mohou tvořit se vzduchem výbušné směsi.
- **Chemické vlastnosti:** reaguje se silnými oxidačními činidly (např. s chlorečnany, manganistany, peroxidy atd.). Nebezpečně nebo explozivně reaguje s chloridem hlinitým. Reaguje s roztoky hydroxidů alkalických kovů za vzniku fenolátů. Narušuje některé typy plastů, pryží a nátěrů. Reaguje se silnými kyselinami (např. chlorovodíkovou, sírovou, dusičnou).



- **Toxické vlastnosti:** je zjizvitelný čichem v koncentraci 0,06 ppm, v této koncentraci nedráždí. Při styku s kůží je za chvíli cítit pálení a píchání, zasažené místo se po chvíli stane necitlivým, poté kůže zbledá. Při krátkodobém styku se kůže odloupá a místo defektu se zhojí. Při dlouhodobém působení způsobuje těžká poleptání s velmi obtížným hojením. Fenol se kůží a sliznicemi velmi dobře vstřebává. Má velmi silný leptavý účinek na oči. Těžké poškození rohovky může způsobit již 3% roztok. Při inhalační expozici nedochází k těžším projevům podráždění. Po vstřebání většího množství fenolu se dostávají závratě, hučení v uších, dušnost, bledost, pocení, bolesti hlavy, někdy vzrušené blouznění a rychlá ztráta vědomí. Při těžké otravě jsou sliznice promodralé, dýchání je povrchní, tep je slabnoucí a nepravidelný, klesá tělesná teplota a může dojít k rychlé smrti. Těžké zasažení se může projevit vážným poškozením ledvin (vylučují tmavou moč), poškozením srdce, jater, pankreatu a sleziny, může se vyvinout edém plic. Požití 0,15 až 1,0 g/kg člověka usmrcuje. Jako smrtelná dávka pro člověka je uváděno 1 až 10 g, někdy 8-12 g. Chronické otravy málo časté a jsou charakterizovány podrážděností, nespavostí, únavností, bolestmi hlavy, závratěmi, častými mdlobami, poklesem krevního tlaku, poruchami zažívání s ranním zvracením, sliněním, polykacími obtížemi, nechutenstvím a průjmy. Velká chronická expozice vede k poškození jater a ledvin. Možnost poškození plic je uváděno vzácněji. Velmi často uváděny alergie s projevy vyrážek. Fenol je mutagen.
- **Ochrana:** při nízké koncentraci ochrana očí a obličeje štíty a brýlemi. Při práci chránit ruce rukavicemi, které jsou odolné vůči fenolu. Při koncentracích fenolu v ovzduší od 5 do 250 ppm chránit obličej, oči a dýchací orgány obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu A (hnědé tělo nebo pruh), který je určen k zachytu organických látek s bodem varu nad 65 °C. Při koncentraci nad 250 ppm je doporučováno použít k ochraně dýchacích orgánů izolační dýchací přístroje. Povrch těla chránit před kontaminací prostředky ochrany povrchu těla. Při nebezpečí velkého zasažení fenolem, zejména jeho roztoky, chránit povrch těla izolačními prostředky hermetickými, při nebezpečí malé kontaminace (potřísnění) pak nehermetickými izolačními prostředky (zástěrami). Vždy však musí být zabezpečena důkladná ochrana rukou.
- **Dekontaminace:** zasažená místa opláchnout velkým množstvím čisté vody. Dekontaminaci povrchů materiálu a techniky je možné provádět vodnými roztoky hydroxidů alkalických kovů.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem, opláchnout velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. Zasaženou kůži je vhodné omýt směsí polyethylenglykolu 300 a ethanolu v poměru 2:1 a poté opláchnout velkým množstvím vody. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.4 Fluorovodík

- **Fyzikální vlastnosti:** za normální teploty (20 °C) bezbarvý, nehořlavý plyn dráždivého zápachu. Ve vlhkém vzduchu dýmá, za vzniku bílého dýmu. Ve vodě je dobře rozpustný. **Chemické vlastnosti:** fluorovodík je silně kyselý. Reaguje s většinou kovů za vzniku příslušného fluoridu kovu. Při úniku reaguje se vzdušnou vlhkostí za vzniku kyseliny, která dále reaguje s kovy za vzniku vysoce hořlavého vodíku. Reaguje s oxidem

křemičitým a s křemičitany za vzniku těkavého fluoridu křemičitého nebo snadno rozložitelné kyseliny fluorokřemičité. Prudce reaguje se zásadami.

- **Toxické vlastnosti:** je zjistitelný čichem v koncentraci 0,04 ppm. Dráždí oči, kůži a dýchací cesty. Páry fluorovodíku i jeho vodný roztok jsou velmi jedovaté a silně leptají tkáň. Údaje o koncentracích, které vedou k akutnímu poškození nejsou příliš jednotné. Koncentrace 10 ppm je uváděna jako bezpečná pro pobyt 30 až 60 minut. Několikaminutový pobyt v koncentraci 30 ppm vyvolává dráždění spojivek a dýchacích cest po krátké době latence. Koncentrace 50 až 250 ppm je nebezpečná při pobytu po několika minutách. Pro smrtelnou inhalační koncentraci pro půlhodinovou expozici je nejčastěji uváděna hodnota 50 ppm. Pro smrtelnou koncentraci s okamžitým účinkem nejednotný názor a je uváděna koncentrace 1200 ppm, někdy 1800 ppm a více není ještě považována smrtelnou koncentrací pro okamžitý účinek. Nižší jednorázová expozice vyvolává kašel, pocit dušení, třes, inhalace vyšších koncentrací pak zvracení, dechové obtíže a smrt. Dlouhá expozice nižších koncentrací vede k zánětu nosní sliznice a sliznice úst, zánětu hrtanu, hltanu, průdušnice a průdušek (někdy se vznikem vředů), perforaci nosní přepážky, ztrátě čichu a k poškození zubů. Zasažení kůže vede k jejímu těžkému a bolestivému poškození. Neobyčejně těžké účinky má fluorovodík na oči.
- **Ochrana:** při koncentraci fluorovodíku v ovzduší od 3 do 30 ppm ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu E, který je určen k zachytu kyselých plynů podle návodu výrobce, při koncentracích 30 ppm a vyšších pak izolačním dýchacím přístrojem. Ochrana povrchu těla izolačními prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** vzhledem k silné aciditě látky je možné využít k dekontaminaci povrchů neutralizačních reakcí zásadami. Dekontaminaci je proto možné provádět vodným roztokem hydroxidu nebo uhličitanu sodného, při malých zasaženích pak velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. Pokožku je možné potírat v pryžových rukavicích 2,5 % gelem glukonátu vápenatého po dobu 1,5 hodiny. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.5 Formaldehyd

- **Fyzikální vlastnosti:** plyn nebo kapalina, štiplavě páchnoucí. Je neomezeně rozpustný ve vodě, rozpustný v ethanolu, etheru, acetonu, benzenu a jiných organických rozpouštědlech.
- **Chemické vlastnosti:** je silným redukčním činidlem. S amoniakem reaguje za vzniku hexamethyltetraaminu (urotropinu). Reaguje se solemi stříbra, mědi, železa. Nebezpečně reaguje s oxidy dusíku (při teplotách nad 180 °C), nitromethanem a peroxidem vodíku. Reaguje se silnými oxidačními činidly, kyselinami a zásadami. Nesmí přijít do kontaktu s anilinem, nitromethanem či jinými nitrosloucheninami, fenolem, isokyanáty, aminy, organickými peroxidy, dithiokarbamáty, alkalickými kovy a kovy alkalických zemin. Na vzduchu pomalu oxiduje. Je citlivý na světlo. Při působení

tepla dochází k uvolňování toxických par formaldehydu, methanolu (u technického formaldehydu), případně může vznikat oxid uhelnatý.

- **Toxické vlastnosti:** při všech druzích kontaktu je toxický. Je cítit již asi od 0,2 ppm a v koncentraci 5 ppm již zřetelně dráždí. Má velmi dobré varovné účinky. Působí silně dráždivě na pokožku, oči a sliznice. Při inhalační expozici dráždí horní cesty dýchací a oči. Při požití vyvolává zánět sliznic až tvorbu vředů. Při požití většího množství dochází k poruchám vědomí, ke křeči a k poškození ledvin. Při styku par s kůží se stává kůže hrubou, dochází ke ztrátě její citlivosti, k depigmentaci a měknutí a lámavosti nehtů. Po vniknutí koncentrovanějšího roztoku do oka může způsobit vážná poškození. Mohou se na něj vytvářet alergie (kožní, astma). Je podezřelý z mutagenity a karcinogenity.
- **Ochrana:** je možná ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B, podle návodu výrobce. Upřednostňována je však ochrana pomocí izolačních dýchacích přístrojů, zejména od koncentrace formaldehydu v ovzduší 20 ppm. Ochranu povrchu těla je nutné zabezpečit izolačními prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** zasažená místa opláchnout velkým množstvím čisté vody. K dekontaminaci povrchu je možné použít i zředěné roztoky amoniaku s následným oplachem vodou.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.6 Fosfan

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý plyn, odporně páchnoucí po shnilých rybách, velmi jedovatý. Je extrémně hořlavý, samozápalný na vzduchu. Při zahřátí nad 150 °C se vznítí a shoří. Ve vodě málo rozpustný.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi reaktivní. Reaguje prudce s oxidačními činidly. Je typický svými redukčními účinky. Ve vodných roztocích solí těžkých kovů sráží málo rozpustné fosfidy, za současného vyredukování elementárních kovů. Se vzduchem tvoří výbušné samozápalné směsi. Působením ohně vznikají tepelným rozkladem oxidy fosforu a kyseliny fosforu.
- **Toxické vlastnosti:** Zjistitelný čichem od koncentrace 1 až 2 ppm. Je jedovatý při vdechování. Koncentrace 10 ppm je nebezpečná pro vdechování po dobu několika hodin. Koncentrace 100 až 200 ppm není životu nebezpečná při hodinové inhalaci. Smrtelná koncentrace je 400 ppm při hodinové inhalaci a 1000 až 2000 ppm při inhalaci po dobu 30 minut. Akutní otrava se projevuje obtížným dýcháním, suchým kašlem, zvracením, palčivými bolestmi břicha, průjmem, bolestmi v kříži, na prsou a ve svalech, žízní, paralýzou a bezvědomím, prudkým poklesem krevního tlaku, někdy otokem plic a žloutenkou.
- **Ochrana:** ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje izolačním dýchacím přístrojem. Ochrana povrchu těla není nutná.
- **Dekontaminace:** neprovádí se.

- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.7 Fosgen

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý, lehce zkapalnitelný plyn s nepříjemným zápachem po ztuhlém senu, tlejícím listí nebo shnilých jablcích. Ve vodě je málo rozpustný, dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech, tučích, olejích, je rozpustný v mnoha BCHL. V polních podmínkách je nestálý. V letním období se v účinné koncentraci udrží v terénu po dobu 5 - 10 minut, v zimě po dobu 10 - 20 minut.
- **Chemické vlastnosti:** ve vodném roztoku rychle hydrolyzuje na oxid uhličitý a kyselinu chlorovodíkovou. V polních podmínkách rychle hydrolyzuje, zejména při vysoké vlhkosti vzduchu (srážky). Má korozivní účinek na kovy. V suchém stavu je však dostatečně stabilní.
- **Toxické vlastnosti:** Je zjistitelný čichem v koncentraci 0,12 až 5,7 ppm. Koncentrace 3 ppm dráždí ihned v hrdle, 4 ppm dráždí ihned oči, 5 ppm nutí po několika minutách ke kašli. Koncentrace 10 ppm je životu nebezpečná za 30 až 60 minut, 20 ppm za 15 až 30 minut a přes 50 ppm za velmi krátkou dobu. Hlavní nebezpečí je možnost vážného poškození plic, které se projevuje až po dlouhé době latence. Doba latence průměrně 3-4 hodiny, podle jiných pramenů 5-8 hodin, vzácně 12 hodin. Její délka bude záležet na velikosti expozice. Fosgen má kumulativní účinky, tzn. že v organismu se sčítají poškození způsobená jeho nesmrtelnými dávkami, které jsou sumárně schopny vést k těžkým otravám včetně smrtelných. Při pobytu v koncentraci 5 mg.l<sup>-1</sup> může ke smrti dojít za 2 až 3 sekundy.
- **Ochrana:** obličejová maska spolehlivě chrání dýchací cesty. Přes pokožku fosgen neproniká a proto nejsou nutné prostředky ochrany povrchu těla.
- **Dekontaminace:** vhodné jsou roztoky louhů, čpavku či hexamethyltetraaminu. Z místnosti je možné fosgen odstranit odvětráním. V polních podmínkách se v důsledku vysoké těkavosti fosgenu dekontaminace neprovádí. Fosgen zachycený v oděvu se odstraňuje vyvětráním.

## 2.8 Chlor

- **Chemické vlastnosti:** je velmi reaktivní. S výjimkou kyslíku, dusíku, vzácných plynů a platinových kovů se ochotně slučuje se všemi ostatními prvky, z nichž mnohé v chloru shoří (fosfor, arsen, antimon, měď, sodík aj.). Může reagovat se vzdušnou vlhkostí za vzniku chlorovodíku. Při rozpouštění ve vodě vzniká tzv. chlorová voda, která je směsí kyseliny chlorné a chlorovodíkové. Chlorová voda má oxidační účinky. Prudce reaguje s organickými sloučeninami (např. s ethery, alkoholy, amoniakem, acetylenem, sírou ale také se dřevem, papírem, oleji atd.).
- **Toxické vlastnosti:** je zjistitelný čichem v koncentraci 0,01 ppm (někdy uváděno rozpětí 0,01 až 5 ppm). Při inhalační expozici dochází k dráždění ke kašli, bolesti na prsou, zvracení (až krvácivému), pocitu dušení, bolestem hlavy. Koncentrace 3 až 6 ppm vede k pálení v očích, škrábání v nose a u citlivých osob ke kašli a chraptu. Koncentrace 15 ppm vede k silnému dráždění provázené výše uvedenými symptomy. Koncentrace

20 ppm je nebezpečná pro 30 až 60minutový pobyt. Při 50 ppm může dojít ke vzniku otoku plic a ke krvácení z plic za velmi krátkou dobu. Smrtelná inhalační koncentrace při 30minutové expozici je uváděna 430 ppm. V koncentraci 100 ppm nelze vydržet déle než minutu. Při koncentracích 1000 ppm ke smrti dochází už po několika vdechnutích. Vysokými koncentracemi chloru je drážděna kůže, zejména vlhká (zpotená).

- **Ochrana:** ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B (max. do 1 obj.%) podle návodu výrobce. Ochrana obličejovou maskou s protiplynovým filtrem je doporučována pro koncentrace chloru v ovzduší od 0,5 do 10 ppm. V koncentracích vyšších než 10 ppm nebo při dlouhodobém pobytu je doporučováno ochranu zajistit pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Filtř s náplní aktivního uhlí proti chloru nechrání. K ochraně povrchu těla je třeba použít izolační prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** není nutná, případně zasažená místa opláchnout velkým množstvím čisté vody. K dekontaminaci je možné použít i 3% roztok uhličitanu sodného nebo sulfidu sodného.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.9 Chlorid fosforitý

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvá kapalina, ostře páchnoucí. Na vzduchu dýmá. Je nehořlavý. Je rozpustný v sirouhlíku, tetrachlormethanu a diethyletheru.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi reaktivní. S vodou prudce hydrolyzuje za vzniku chlorovodíku a kyseliny fosforité. Prudce (výbušně) reaguje s kyselinou octovou, hliníkem, allylalkoholem, fluorem, hydroxylaminem, oxidem olovičitým, kyselinou dusičnou, kyselinou dusitou, organickými látkami (zejména fenoly, thioly a merkaptany), draslíkem a sodíkem. Při tepelném rozkladu dochází ke vzniku oxidu fosforečného a chlorovodíku.
- **Toxické vlastnosti:** má dráždivé účinky. Je nebezpečný zejména při inhalační expozici. Vdechování par způsobuje dráždění dýchacích cest, dýchavičnost, bolesti hlavy, žaludeční nevolnost a zvracení. Způsobuje otok plic, který se může vyvinout až po několikahodinové době latence. Atmosféru s koncentrací 2-4 ppm lze dýchat 30 až 60 minut bez následných vážnějších zdravotních poruch. Koncentrace 600 ppm usmrcuje již po krátké expozici. Látka dráždí pokožku, přičemž účinek závisí na době trvání styku látky s kůží a koncentraci látky. Při dlouhodobém a intenzivním kožním kontaktu dochází k poleptání kůže a může dojít až ke tvorbě krvavých puchýřů. Při vniknutí do oka způsobuje podráždění, při delší expozici pak poleptání rohovky a zánět spojivek.
- **Ochrana:** ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje obličejovou maskou je možná s použitím protiplynového filtru typu B. K ochraně dýchacích orgánů, bez ohledu na koncentraci chloridu fosforitého v ovzduší, se však doporučuje používat izolační dýchací přístroje. Ochrana povrchu těla se uskutečňuje izolačními prostředky ochrany povrchu těla hermetického typu.

- **Dekontaminace:** zasažená místa omýt velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.10 Chlormethan

- **Fyzikální vlastnosti:** za normálních podmínek bezbarvý plyn se zápachem po etheru. Je extrémně hořlavý. Rozpustný ve vodě, etheru, chloroformu, ethanolu, acetonu, chloridu uhličitém, benzenu a v alkoholech.
- **Chemické vlastnosti:** vysoce vznětlivý plyn. S látkami podporujícími hoření může prudce reagovat. Tepelným rozkladem vznikají jedovaté látky jako je fosgen, chlorovodík, oxid uhelnatý. Explosivně reaguje s fluoridem bromitým a fluoridem bromičným, hořčíkem, draslíkem, sodíkem a jejich slitinami. Nebezpečně reaguje s práškovým hliníkem, zinkem a chloridem hlinitým. Reaguje se vzdušnou vlhkostí.
- **Toxické vlastnosti:** zjistitelný čichem v koncentraci od 10 ppm. Akutní otrava se projevuje nevolností, ospalostí až narkózou. Popisovány jsou delirantní stavy, poruchy řeči a koordinace, třes, okoohybná inervace, křeče připomínající epilepsii. Popsány jsou poruchy vidění, nemožnost zaostření (akomodace) oka, příznaky poškození periferního nervstva, zažívací potíže. Později se může projevit poškození ledvin, jater a srdečního svalu. Koncentrace 10 ppm je postřehnutelná čichem, do koncentrace 500 ppm lze chlormethan inhalovat bez potíží, při koncentracích do 1500 ppm je možné u některých jedinců pozorovat příznaky lehké opilosti. Koncentrace 7000 ppm je bezpečná pro hodinový pobyt, koncentrace 20000 až 40000 je nebezpečná během 30 až 60 minut. Po těžší akutní otravě nebo po opakovaných otravách mohou zůstat trvalé následky. Je sorbován přes kůži. Při styku kůže s kapalným chlormethanem může dojít k jejímu poškození nízkými teplotami. Je podezřelý, že může vyvolat rakovinu ledvin.
- **Ochrana:** při nízkých koncentracích obličejovou maskou s protiplynovým nebo kombinovaným filtrem AX, který chrání proti nízkovroucím organickým sloučeninám udaných výrobcem. Při koncentracích nad 50 ppm a zejména při koncentracích nad 2000 ppm nebo při nutnosti dlouhodobého pobytu je nutné ochranu dýchacích orgánů zabezpečit pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Ochrana povrchu těla není při malých koncentracích nutná. Nebezpečí představuje možné potřísnění kapalným chlormethanem, které může způsobit spáleniny zmrazením. Při vyšších koncentracích je nutné zabezpečit ochranu povrchu těla izolačními prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** odvětráním. Nesmí se však vypouštět do ovzduší např. ze zásobníků, protože hrozí nebezpečí vzniku explozivní směsi se vzduchem.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu minimálně 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je potřebné ihned vyhledat lékaře.

## 2.11 Chlorovodík

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý plyn ostře štiplavého zápachu, těžší než vzduch, poměrně snadno zkapalnitelný, nehořlavý a i při vyšších teplotách stálý. Se vzdušnou vlhkostí tvoří mlhu, tvořenou jemnými kapičkami kyseliny chlorovodíkové. Je dobře rozpustný ve vodě, rozpustný v etherech, benzenu a alkoholu.
- **Chemické vlastnosti:** je silnou kyselinou. Tvoří azeotropickou směs, která obsahuje 20,24 % kyseliny chlorovodíkové a 79,76 % vody a vře při teplotě 110 °C. Na silná redukovaná může působit oxidačně. Při reakci se silnějšími oxidovadly se může chovat redukčně. Při reakci s kovy, oxidy kovů, hydroxidy a uhličitany vznikají chloridy příslušných kovů. Výjimku tvoří stříbro, zlato, platinové kovy, měď a rtuť. Nebezpečně reaguje se silnými zásadami, aminy, oxidačními činidly, organickými látkami, karbidy kovů a kyselinou sírovou. Plynná směs chlorovodíku s chloridem uhličitým je výbušná. Při reakci s kovy vzniká hořlavý a výbušný vodík. Při působení tepla je nebezpečí uvolňování chloru.
- **Toxické vlastnosti:** má intenzivní dráždivé účinky. Je zjištělný čichem v koncentraci 0,25 až 10 ppm. Velmi dychtivě se slučuje se vzdušnou vlhkostí, takže při expozici jde téměř vždy o mlhu kyseliny chlorovodíkové. Koncentrace 5 ppm dráždí dýchací orgány, při 10 ppm je dráždění silné, ale v daném prostředí je možné pracovat bez obtíží. Při koncentracích 10 až 50 ppm je práce obtížná, ale možná. Koncentrace 50 až 100 ppm lze snést asi 1 hodinu, ale pracovat v nich není možné. I krátká expozice v koncentraci 1000 ppm je životu nebezpečná pro možný vznik otoku plic. Vyšší koncentrace poškozují rohovku a kůži. Letální inhalační koncentrace pro jednu minutu je 1000 ppm. Může způsobit poškození zubů.
- **Ochrana:** v nízkých koncentracích ochrana dýchacích orgánů, obličeje a očí obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B podle návodu výrobce. Je doporučeno používat obličejovou masku s protiplynovým filtrem v koncentracích od 5 do 50 ppm. Při dlouhodobém pobytu nebo vyšší koncentraci (nad 50 ppm) je doporučováno zabezpečit ochranu pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Při vyšších koncentracích je nutné zabezpečit ochranu povrchu těla izolačními prostředky ochrany hermetického typu.
- **Dekontaminace:** zasažená místa omýt velkým množstvím čisté vody nebo neutralizovat vodnými roztoky zásad.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou část velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasných odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.12 Kyanovodík

- **Chemické vlastnosti:** hydrolýza probíhá v polních podmínkách jen velmi zvolna. Rychlost hydrolýzy roste v přítomnosti silných kyselin a zásad. Na kovy působí zanedbatelně.
- **Toxické vlastnosti:** Je zjištělný čichem v koncentraci 0,58 ppm (udáváno i 5 ppm). Základní účinek kyanidového anionu je blokáda tkáňového dýchání. Akutní otrava závisí na množství vstřebené látky. Při vdechnutí velkého množství nastává rychle smrt. Menší dávka vedou k bolestem hlavy, nevolnosti,

závratím, pocitu sevření na prsou, ke zrychlení dechu a ztrátě vědomí. Dýchání se stává nepravidelným a v křečích a dušení může nastat smrt. Nejmenší smrtelná dávka se udává 0,04 g, průměrná pak 0,05 až 0,06 g. V koncentraci 50 ppm lze vydržet bez obtíží 30 až 60 minut, u dlouhotrvajících pobytů je však možné pozorovat příznaky lehčí otravy. Koncentrace 100 ppm je ve 30 minutách nebezpečná, 150 ppm usmrcuje ve 30 až 60 minutách a 300 ppm způsobuje rychlou smrt. Chronická otrava není uznávána. Do organismu vstupuje nejčastěji cestou inhalační ve formě par a aerosolu, dále cestou perorální v kapalném stavu, pokožkou nebo sliznicí spojivkového vaku. Perkutánní otravu usnadňují oděrky a drobná poranění. Látka však proniká do organismu v omezeném rozsahu i neporušenou kůží, zejména zpocenou nebo zvlhčenou. Účinek kyanovodíku je velmi rychlý a nastává téměř okamžitě po zasažení. Průnik přes kůži a oční spojivky vyvolává většinou jen mírné poškození. Při resorpci sliznicemi dýchacích cest je kyanovodík jednou z nejtoxičtějších BChL látek. Již v koncentraci 0,001 mg.l<sup>-1</sup> je cítit typický hořkomandlový zápach kyanovodíku. Typický hořkomandlový zápach kyanovodíku část populace (20 až 40 %) v důsledku geneticky podmíněných schopností vůbec nevnímá. Protože kyanovodík poměrně rychle působí znečistlivění nosní sliznice, přestává se zápach záhy vnímat. Lehké příznaky otravy kyanovodíkem byly pozorovány u osob v koncentraci 0,02 až 0,04 mg.l<sup>-1</sup> během několika hodin od expozice. Koncentrace 0,05 až 0,06 mg.l<sup>-1</sup> je již velmi nebezpečná a koncentrace 0,15 mg.l<sup>-1</sup> způsobuje smrt během 30 až 60 minut. Koncentrace kyanovodíku 0,3 mg.l<sup>-1</sup> způsobuje smrt osob již během 5 minut. Při méně těžkých zasaženích může kůže získat namodralou barvu, způsobenou nedostatečným přenosem kyslíku v tkáních, těžké zasažení se projevuje slabě růžovým zbarvením kůže.

- **Ochrana:** k ochraně dýchacích orgánů je možné použít obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B (u masek pro vojenské použití se standardním filtrem). K ochraně je však doporučováno pro všechny koncentrace kyanovodíku v ovzduší použít izolační dýchací přístroje. Při vyšších koncentracích je třeba použít izolační ochranný oděv hermetického typu.
- **Dekontaminace:** vzhledem k vysoké těkavosti není nutné v polních podmínkách dekontaminaci provádět. Kyanovodík ze zasažených předmětů (zejména z materiálu vnášeného do polních ochranných staveb, techniky nebo budov) je třeba důkladně odvětrat.

### 2.13 Kyselina dusičná

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvá až nažloutlá, jedovatá kapalina ostře štiplavého zápachu. Je neomezeně rozpustná ve vodě, rozpustná v ethanolu. Je nehořlavá.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi reaktivní. Kyselina dusičná je silná kyselina. S vodou tvoří azeotropickou směs (62,2 % kyselina dusičná a 30,8 % vody). Koncentrovaná kyselina má výrazné oxidační účinky. Rozpouští se v ní většina kovů (nerozpouští se pouze zlato, platina, rhodium, iridium, niob a tantal). Některé neušlechtilé kovy jsou vůči koncentrované kyselině dusičné pasivní, ačkoliv se zředěnou kyselinou reagují ochotně. Účinkem koncentrované kyseliny dusičné se na povrchu některých kovů vytvoří slabá vrstva oxidu, která chrání kov před dalším vlivem kyseliny (např. hliník, železo a chrom se pasivují). Nekovy koncentrovaná kyselina dusičná oxiduje, např. fosfor na kyselinu fosforečnou, nebo síru na kyselinu sírovou. Organické sloučeniny jsou buď oxidovány nebo, v přítomnosti koncentrované kyseliny sírové, nitrovány. Při tepelném rozkladu se uvolňují oxidy dusíku. Dusičnany jsou ve vodě rozpustné.



- **Toxické vlastnosti:** žíravá látka, leptající při všech druzích kontaktu. Zředěná kyselina má slabý leptavý účinek na pokožku; velmi zředěná kyselina může způsobovat vyrážky z podráždění. Ve vyšších koncentracích má silný leptavý účinek, postižená místa mají žlutou barvu. Při požití dochází k poleptání sliznic zažívacího traktu. Při požití větší dávky jsou často poškozeny ledviny. Ke smrti může dojít při požití asi 30 g koncentrované kyseliny. Páry silně dráždí oči a dýchací cesty. Po velké expozici dýchacích cest není vyloučen toxický otok plic. Při působení tepla může dojít k uvolňování oxidů dusíku.
- **Ochrana:** při nízké koncentraci (doporučována koncentrace do 25 ppm) ochrana dýchacích orgánů pomocí obličejové masky s protiplynovým filtrem typu B. Je možné použít i protiplynový filtr proti kyselým parám typu E, podle návodu výrobce. Při vyšších koncentracích (nad 25 ppm) je doporučováno chránit dýchací orgány pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Povrch těla chránit pomocí izolačních prostředků hermetického typu.
- **Dekontaminace:** kontaminované povrchy opláchnou velkým množstvím čisté vody nebo neutralizovat pomocí vodných roztoků hydroxidů alkalických kovů (koncentrace 2 až 3 %).
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

#### 2.14 Kyselina sírová

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvá až nažloutlá olejovitá kapalina ostře štiplavého zápachu. Kyselina sírová se směšuje s vodou v každém poměru. Při jejím směšování s vodou se uvolňuje značné množství tepla, které může, v závislosti na množství přidané vody, způsobit až var kyseliny. S vodou tvoří azeotropickou směs (98,3% kyselina sírová s bodem varu 338 °C). Je nehořlavá.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi stálá chemická sloučenina. Je silnou kyselinou. Koncentrovaná kyselina sírová má poměrně výrazné oxidační účinky. Oxiduje některé elementární ušlechtilé kovy (rtuť), nekovy (uhlík) i mnohé sloučeniny (sulfán, jodovodík). Kyselina sírová má silné dehydratační schopnosti (schopnost odnímat vodu). Proto se používá jako dehydratační činidlo vhodné zejména pro sušení plynů. Při styku s organickými látkami, zejména sacharidy a polysacharidy, způsobuje jejich oxidaci a zuhelnatění. Nesmí přijít do styku s hořlavinami organického původu.
- **Toxické vlastnosti:** žíravá látka, leptající při všech druzích kontaktu. Má velmi silný leptavý účinek. Poleptaná místa se dlouho hojí. Kožní jizvy jsou často pigmentované. Při vniknutí do oka způsobuje až devastaci oka a víček. Požití kyseliny má za následek bolestivé poleptání jícnu a žaludku. Při rozptýlení ve vzduchu jsou drážděny dýchací cesty a při velké expozici může vzniknout až toxický otok plic. Inhalace horkých par může vést ke krvácení z nosu, pálení na prsou, kašli, ke křeči hlasivek a při velké expozici k rychlé ztrátě vědomí a k vážnému poškození plic nebo ke smrti.
- **Ochrana:** aerosol kyseliny sírové je možné zachytávat pomocí částicového filtru třídy P2 nebo P3. V případě tepelného rozkladu kyseliny je třeba k ochraně dýchacích orgánů použít obličejovou masku s filtry typu E (podle návodu výrobce) nebo kombinované filtry minimálně E2-P2. Při vyšších

koncentracích rozkladných produktů (nad  $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) je doporučováno chránit dýchací orgány pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Povrch těla chránit pomocí izolačních prostředků hermetického typu.

- **Dekontaminace:** kontaminované povrchy opláchnou velkým množstvím čisté vody nebo neutralizovat pomocí vodných roztoků hydroxidů alkalických kovů (koncentrace 2 až 3 %).
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušování po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.15 Oxid dusičitý

- **Fyzikální vlastnosti:** žlutohnědý až červenohnědý plyn, štiplavého charakteristického zápachu. Je značně jedovatý. Ve vodě se oxid dusičitý rozpouští za vzniku kyselin dusité a dusičné (kyselina dusitá je nestálá a rychle se rozkládá). Je rozpustný v alkoholech, sirouhlíku a chloroformu. Je nehořlavý.
- **Chemické vlastnosti:** oxid dusičitý je za běžných podmínek částečně dimerován za vzniku molekuly o složení  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Monomer je zbarven hnědočerveně, dimer je bezbarvý. Oxid dusičitý se tvoří z oxidu dusnatého účinkem vzdušného kyslíku. S roztoky hydroxidů tvoří směs dusičnanů a dusitanů. Se sirouhlíkem, amoniakem a částečně chlorovanými sirouhlíky tvoří výbušné směsi.
- **Toxické vlastnosti:** oxid dusičitý je silně toxický, již velmi malé koncentrace ve vzduchu jsou nebezpečné. Jeho hlavní účinek je dráždivý. Při dlouhodobé expozici je možný vznik toxického otoku plic. Pro otravu oxidem dusičitým resp. nitrosními plyny je typická zákeřná doba latence. Bezprostředně po expozici mohou být větší, či menší známky dráždění, hlavně kašel, tyto příznaky se však nemusí projevit vůbec. Postižený se pak cítí dobře a teprve po 5 až 72 hodinách se může rozvíjet vlastní obraz otravy. Pravidlem ovšem taková latence není. Chronické příznaky jsou udávány zánětem spojivek, nosohltanu a průdušek, poškození zubů atd. Je udáváno snížení odolnosti proti infekci a nevylučuje se ani kancerogenní účinek. Koncentrace 10 až 20 ppm dráždí slabě až po delší době. Koncentrace 60 ppm ihned zřetelně dráždí. Pobyt v koncentraci 100 až 150 ppm po dobu 30 až 60 minut je možný, ale životu nebezpečný. Koncentrace 300 ppm je nebezpečná i pro krátké expozice. Smrtelná inhalační koncentrace pro člověka pro jednodominutovou expozici je 200 ppm. Uváděné doby bezpečného pobytu jsou 10 ppm pro pobyt 60 minut, 20 ppm pro 30 minut, 25 ppm pro 15 minut, 35 ppm pro 5 minut.
- **Ochrana:** při nízkých koncentracích je možné zabezpečit ochranu pomocí speciálních filtrů na jedno použití s označením NO-P3 za dodržení podmínek stanovených výrobcem. Zabezpečení ochrany osob pomocí obličejových masek s protiplynovými filtry je často odmítáno a jako jediný vhodný prostředek k ochraně osob, bez ohledu na koncentrace oxidu dusičitého v ovzduší, je doporučován izolační dýchací přístroj. Ochrana povrchu těla je vhodná při vyšších koncentracích. K ochraně použít izolační prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** odvětráním. Povrchy mohou být dekontaminovány vodným roztokem uhličitanu sodného.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě

dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušování po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.16 Oxid dusnatý

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý plyn, který se na vzduchu rychle oxiduje za vzniku hnědočerveného oxidu dusičitého. Ve vodě je málo rozpustný. Je nehořlavý.
- **Chemické vlastnosti:** je schopen oxidace i redukce. S redukujícími látkami prudce reaguje. Silná redukční činidla jej redukuje až na amoniak, slabší na oxid dusný. Prudce reaguje s hydroxidy alkalických kovů. Samovolně a spontánně podléhá oxidaci vzdušným kyslíkem na oxid dusičitý. S vodou tvoří kyseliny.
- **Toxické vlastnosti:** zjistitelný čichem v koncentraci 0,3 až 1,0 ppm. Je silně toxický při inhalační expozici. Jeho hlavní účinek je dráždivý. Má přímý vliv na centrální nervovou soustavu a jeho působení se projevuje slabostí, závratěmi, ospalostí až mdlobnými stavy a bolestmi hlavy. Při větších expozicích je zřetelná cyanóza (promodráání sliznic) a uvádí se, že se příznaky otravy mohou i bez další expozice po několika dnech opakovat, přičemž opakování může dlouhou dobu přetrvávat a vést ke změnám v chování postiženého.
- **Ochrana:** při nízkých koncentracích je možná pomocí speciálních protiplynových filtrů na jedno použití s označením NO-P3 za dodržení podmínek stanovených výrobcem. Zabezpečení ochrany osob pomocí obličejových masek s protiplynovými filtry je často odmítáno a jako jediný vhodný prostředek k ochraně osob, bez ohledu na koncentrace oxidu dusnatého v ovzduší, je doporučován izolační dýchačí přístroj. Ochrana povrchu těla je vhodná jen při vysokých koncentracích. K ochraně povrchu těla použít izolační prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** odvětráním.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor).

## 2.17 Oxid sírový

- **Fyzikální vlastnosti:** za obyčejné teploty bezbarvá kapalina, která již při ochlazení nádoby studenou vodou ztuhne. Na vlhkém vzduchu dýmá, je hygroskopický. Ve vodě se rozpouští za vývoje tepla na kyselinu sírovou. S vodou se směšuje neomezeně. Rozpouštěním oxidu sírového v kyselině sírové vzniká oleum (tj. roztok oxidu sírového ve 100 % kyselině sírové). Afinita oxidu sírového k vodě je tak velká, že četným organickým látkám dokonce odnímá vodík a kyslík v poměru odpovídajícím složení vody. Je nehořlavý.
- **Chemické vlastnosti:** má silné oxidační schopnosti. Při reakci se vzdušnou vlhkostí poskytuje aerosol kyseliny sírové.
- **Toxické vlastnosti:** má velmi intenzivní dráždivé účinky, silnější než oxid siřičitý. Jeho toxikologický účinek je stejný jako u kyseliny sírové a většinou není samostatně uváděn.

- **Ochrana:** je doporučováno zabezpečit ochranu dýchacích orgánů pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Ochrana povrchu těla je vhodná při vyšších koncentracích. K ochraně je vhodné použít izolační prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** povrchy spláchnout velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušování po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.18 Oxid siřičitý

- **Fyzikální vlastnosti:** bezbarvý plyn, zvláštního pichlavého zápachu, snadno zkvapalitelný. Je rozpustný ve vodě, v alkoholech, kyselině octové. S vodou vytváří nestálou kyselinu siřičitou. Je nehořlavý.
- **Chemické vlastnosti:** za normálních podmínek stálý. Vodný roztok je středně kyselý. Nebezpečně reaguje s amoniakem, acetylenem, alkalickými kovy, chlorem, ethylenoxidem, butadienem. Reaguje s mnoha kovy, např. hliníkem, železem, mědí, niklem, ocelí, litinou. Narušuje některé plasty, pryž a nátěry, zejména je-li v kapalném skupenství.
- **Toxické vlastnosti:** je zjištělým čichem v koncentraci 2,7 ppm. Dráždivý plyn zejména pro horní cesty dýchací. Při koncentraci 10 ppm je okamžitě drážděna kůže (zejména zpocená nebo vlhká), koncentrace 20 ppm silně dráždí oči a nutí ke kašli. Smrtelná inhalační koncentrace pro minutovou expozici je 400 ppm. Někdy je pokládána za životu nebezpečnou pro krátkou expozici až koncentrace 500 ppm. Při mimořádně velké expozici může dojít k rychlé smrti křečí hlasivek nebo reflexní zástavou dechu. Při vysokých koncentracích může dojít ke vzniku toxického otoku plic. Je jedovatý zvláště pro nižší organismy, např. houby, plísňe a bakterie.
- **Ochrana:** při malých koncentracích (do 100 ppm) ochrana pomocí protiplynového filtru typu E, který je určen k zachytu oxidu siřičitého. Při vyšších koncentracích (nad 100 ppm) nebo nutnosti dlouhodobého pobytu je doporučována ochrana pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Ochrana povrchu těla je vhodná při vyšších koncentracích. K ochraně použít izolační prostředky hermetického typu.
- **Dekontaminace:** odvětráním. Kontaminované povrchy opláchnout velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušování po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.19 Oxid uhelnatý

- **Fyzikální vlastnosti:** plyn bez barvy, chuti a zápachu, jen nepatrně rozpustný ve vodě. Je obtížně zkapalnitelný. Je hořlavý.
- **Chemické vlastnosti:** je velmi stálý, teprve při vysokých teplotách se rozkládá na uhlík a oxid uhličitý. Oxid uhelnatý shoří (oxiduje) na oxid uhličitý. Při hoření má plamen modré zbarvení. Směs oxidu uhelnatého se vzduchem je výbušná. Za vyšších teplot je oxid uhelnatý výborným redukčním činidlem. Za vyšší teploty a tlaku se oxid uhelnatý slučuje s některými kovy na jejich karbonyly. Při reakci s chlorem poskytuje fosgen. Může bouřlivě reagovat s acetylenem, fluorem a oxidem dusnatým.
- **Toxické vlastnosti:** je jedovatý. Oxid uhelnatý reaguje se železem protohemu hemoglobinu a vytváří s ním velmi pevnou vazbu. Výsledný karboxyhemoglobin (COHb) je u člověka přibližně 250krát stabilnější než oxyhemoglobin, který vzniká při reakci hemoglobinu s kyslíkem a proto dochází k blokadě přenosu kyslíku krví. Akutní otrava malými koncentracemi je provázena bolestmi hlavy, pocitem stisknutí hlavy ve spáncích, bušením krve ve spáncích a tlakem na prsou. Těžší otrava je charakterizována žaludeční nevolností a zvracením, někdy bolestmi břicha. Při těžkých otravách přechází postižený do bezvědomí, v němž se mohou nejprve objevit křeče, později je bezvědomí hluboké. Tep je rychlý, nitkovitý, dech je nepravidelný. V tomto stavu může nastat smrt. Velmi vysoká koncentrace oxidu uhelnatého může způsobit smrt v několika sekundách. Současná expozice amoniaku jedovatost oxidu uhelnatého zvyšuje. Smrtelná inhalační dávka při expozici po dobu 30 minut je 4000 ppm.
- **Ochrana:** ačkoliv jsou vyráběny speciální filtry k záchytu oxidu uhelnatého, je doporučováno použít k ochraně dýchacích orgánů izolační dýchací přístroj. Oxid uhelnatý neproniká pokožkou, proto ochrana povrchu těla není nutná.
- **Dekontaminace:** odvětráním.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor).

## 2.20 Oxid uhličitý

- **Fyzikální vlastnosti:** je plyn bez barvy a zápachu (uváděn i pichlavý zápach), je těžší než vzduch. Je dobře rozpustný ve vodě a v řadě jiných rozpouštědlech jako jsou ethanolaminy, vodné roztoky uhličitánů alkalických kovů atd. Se stoupající teplotou se jeho rozpustnost ve vodě snižuje, takže varem jej lze z vody úplně odstranit. Snadno se zkapalňuje a často se používá i jeho tuhá fáze (tzv. suchý led). Tuhý oxid uhličitý (suchý led) se vypařuje, aniž by se měnil nejprve v kapalinu (sublimuje). Je nehořlavý a velmi stálý.
- **Chemické vlastnosti:** velmi stálá látka kyselé povahy. Ve vodě se rozpouští a jen nepatrné množství je sloučeno s vodou na kyselinu uhličitou. Ochotně reaguje např. s hydroxidy alkalických kovů a kovů alkalických zemin.
- **Toxické vlastnosti:** není toxický v běžném slova smyslu, je normálním produktem metabolismu. Alveolární vzduch obsahuje asi 5-6 %, vydechovaný vzduch 3,5 % oxidu uhličitého. Koncentrace 20000 ppm je hranicí pro dýchání bez větších obtíží. Při koncentraci 30000 ppm dochází ke zvýšení hloubky a frekvence dechu, zvýšení krevního tlaku a ke snížení sluchových schopností. Při 50000 ppm se asi za půl hodiny projevují

dechové obtíže, zvracení, vysoký krevní tlak a dezorientace. Trvá-li expozice déle, dochází ke zvýšení kyselosti krve a postižený rychle upadá do bezvědomí. Koncentrace 70000 až 100000 ppm vedou k bezvědomí v několika minutách.

- **Ochrana:** při vysokých koncentracích použít k ochraně dýchacích orgánů izolační dýchací přístroj (je doporučován limit od 5000 ppm). Ochrana povrchu těla není nutná.
- **Dekontaminace:** odvětráním nebo odpařením.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** kapalným oxidem uhličitým opláchnout velkým množstvím vody bez snímání oděvu a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování velkým množstvím čisté vody a poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.21 Sirouhlík

- **Fyzikální vlastnosti:** je bezbarvá (nažloutlá), toxická, pohyblivá kapalina, silně lámající světlo. Zcela čistý páchne aromaticky, znečištěný odporně zapáchá. Ve vodě je prakticky nerozpustný, dobře se mísí s ethanolem a etherem. Je výborným rozpouštědlem. Dobře rozpouští nepolární organické látky, jod, síru, bílý fosfor. Je velmi hořlavý. Páry se vzduchem tvoří výbušnou směs. Hoří světle modrým plamenem.
- **Chemické vlastnosti:** nemá výrazné oxidační ani acidobazické vlastnosti. Při hoření vzniká oxid uhličitý a oxid siřičitý. Jeho páry ve směsi se vzduchem shoří explozivně. Reaguje ochotně s oxidačními činidly. Tyto reakce jsou charakteristické vývojem tepla, případně může docházet až k explozivnímu slučování. Působením tepla mohou vznikat oxidy síry.
- **Toxické vlastnosti:** je zjistitelný čichem v koncentraci od 0,016 až 0,42 ppm (je uváděno i 0,11 ppm). Je jedovatý. Otrava se projevuje jako narkóza, na jejím počátku bývají bolesti hlavy a ospalost, pak vzrušenost. Dochází k zčervenání obličeje, k poruchám koordinace pohybu, závratím a někdy k děsivým delirantním stavům se sluchovými a zrakovými halucinacemi. Následuje otupělost přecházející do bezvědomí, v těžkých případech pak nastupují křeče a smrt z ochrnutí dýchacího centra. Koncentrace menší než 300 ppm akutní otravu nezpůsobují, koncentrace 300 až 500 ppm mají lehčí účinky po jednohodinové expozici. Koncentrace 1000 ppm vede po 30 minutách k vážné akutní otravě, 3000 ppm je ve 30 minutách nebezpečná životu a 5000 ppm po půlhodinové expozici usmrcuje. Smrtná perorální dávka pro člověka je 0,014 g.kg<sup>-1</sup>. Sirouhlík se dobře vstřebává kůží. Soudí se však, že pro vznik otrav nemá tato skutečnost větší význam. Styk s kůží vede k podráždění, v důsledku kterého kůže zčervená, případně se tvoří puchýře. Chronická otrava je daleko významnější než otrava akutní. Její obraz je velmi pestrý – únava, slabost, ospalost a nespavost, bolesti hlavy, lehké poruchy chuti a čichu, zažívací obtíže a sexuální poruchy. Významné jsou však psychické poruchy – neklid, podráždění, někdy mnohmluvnost, bezdůvodný smích nebo pláč, pohlavní agresivita, nespavost, děsivé sny, někdy zrakové a sluchové halucinace. Poruchy jsou doprovázeny i patologickými změnami v organismu.
- **Ochrana:** při koncentracích do 500 ppm ochrana dýchacích orgánů protiplynovým filtrem typu B, podle návodu výrobce, při koncentracích nad 500 ppm pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Ochrana povrchu těla pomocí izolačních prostředků hermetického typu.

- **Dekontaminace:** kontaminované povrchy opláchnout velkým množstvím čisté vody.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušování po dobu asi 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

## 2.22 Sulfán

- **Fyzikální vlastnosti:** je bezbarvý plyn, velmi nepříjemně páchnoucí po zkažených vejcích a velmi jedovatý. Je snadno zkapalnitelný. Je rozpustný ve vodě, v alkoholech, sirouhlíku, acetonu, toluenu a glycerolu. Velmi hořlavý plyn, se vzduchem tvoří výbušné směsi.
- **Chemické vlastnosti:** po zapálení na vzduchu hoří za vzniku vody a oxidu siřičitého. Oxiduje se dalšími oxidovadly, jako jsou halogeny, peroxid vodíku, koncentrovaná kyselina sírová nebo kyselina dusičná. Velmi dobře se rozpouští ve vodě za vzniku roztoku, který se nazývá „sirovodíková voda“ nebo „roztok kyseliny sirovodíkové“. Sulfán je ve vodném roztoku slabou kyselinou. Vodný roztok zvolna oxiduje vzdušným kyslíkem za tvorby elementární síry, popř. za tvorby polysulfidových iontů. Směs sulfanu a kyslíku je po zapálení výbušná. Sulfán je silným redukčním činidlem. V prostředí, které obsahuje sulfán, se neušlechtilé kovy a stříbro povlékají vrstvičkou sulfidu. Sulfid sodný reaguje v důsledku hydrolyzy silně zásaditě. Působením tepla může dojít k jeho rozkladu za vzniku oxidů síry.
- **Toxické vlastnosti:** je zjistitelný čichem při koncentraci 0,002 ppm (je uváděno i 0,0094 ppm). Vysoce toxický při inhalační expozici. Je nervovým jedem. Působí škodlivě již v malých koncentracích. Akutní otrava při vysokých koncentracích probíhá bleskově. Je charakterizována okamžitou ztrátou vědomí, zástavou dechu a srdeční činnosti. Po velké expozici trvá hluboké bezvědomí, objevují se křeče, zornice jsou zúžené a dýchání a srdeční činnost mohou být nepravidelné. Při návratu k vědomí trpí postižený halucinacemi, zuřivostí, později dojemem opilosti, někde se objevuje zvracení. Po těžké otravě mohou zůstat poruchy paměti, bolesti hlavy, poškození zraku, obrna, poškození jater, srdce a ledvin. Existuje reálné nebezpečí vzniku toxického otoku plic. Hlavní expozice je inhalační, ale vstřebává se i kůží. Při koncentraci 50 až 250 ppm se mohou projevit subakutní otravy, které jsou charakterizovány kašlem, bolestmi hlavy, sliněním, zvracením a průjmy. Koncentrace 200 ppm je nebezpečná asi po hodinové expozici. Při koncentraci 200 až 600 ppm může dojít k toxickému otoku plic a koncentrace 600 ppm je smrtelná pro půlhodinovou inhalační expozici. Koncentrace 700 ppm je nebezpečná již v několika minutách. Při koncentraci 150 až 250 ppm dochází ke ztrátě čichového vjemu.
- **Ochrana:** ochranu dýchacích orgánů, obličeje a očí je možné zabezpečit obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B. Je však doporučováno, bez ohledu na koncentraci sulfánu v ovzduší, zabezpečit ochranu dýchacích orgánů, obličeje a očí izolačním dýchacím přístrojem. Ochrana povrchu těla při vyšších koncentracích, vzhledem ke skutečnosti, že proniká kůží, pomocí izolačních prostředků hermetického typu.

- **Dekontaminace:** zasažené povrchy omýt velkým množstvím čisté vody. Dekontaminaci je možné provádět vodnými roztoky uhličitanu sodného nebo hydroxidu sodného, které však nemohou být použity k dekontaminaci povrchu těla. Místnosti je třeba dekontaminovat vyvětráním.
- **První pomoc: při nadýchání** postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu použít umělé dýchání (mimo kontaminovaný prostor). **Při zasažení povrchu těla** okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku mýdlem a velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. **Při zasažení očí** je nutné je co nejdříve vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtážení víček od povrchu oka. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře.

### Doporučená literatura

FLORUS, Stanislav. Charakteristika zbraní hromadného ničení, nebezpečných škodlivin a zápalných látek. II. část. Charakteristika nebezpečných škodlivin zápalných látek. [Skripta]. Vyškov: VVŠ PV 2003. 112 s.

MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky*. Praha: Avicenum, 1980. 528 s.

MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie. Organické látky*. Praha: Avicenum, 1986. 1700 s.

HRDINA, Vratislav, aj. *Toxikologie bojových chemických látek a zdravotnicko-protichemická ochrana. 2. díl*. [učební texty]. Hradec Králové: VLVDU JEP, 1983. 195 s.

ALEKSANDROV, V., N., EMELJANOV, V., I. *Otravljajuščie věščestva. 2. vyd.* Moskva: Vojennoje izdatel'stvo, 1990. 271 s. ISBN 5-203-00341-6.

### Klíčová slova

Fyzikální vlastnosti, chemické vlastnosti, toxické vlastnosti, ochrana, dekontaminace, první pomoc, amoniak, ethylenoxid, fenol, fluorovodík, formaldehyd, fosfan, fosgen, chlor, chlorid fosforitý, chlormethan, chlorovodík, kyanovodík, kyselina dusičná, kyselina sírová, oxid dusičitý, oxid dusnatý, oxid sírový, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, sirouhlík a sulfán

### Kontrolní otázky

1. Jaké jsou nejčastěji udávané fyzikální vlastnosti škodlivin a proč?
2. Jaké jsou základní zásady dekontaminace škodlivin?
3. Jaká hlavní opatření první pomoci je třeba provádět při zasažení toxickými látkami?
4. Jaké jsou základní toxické vlastnosti látky (podle zadání)?



### 3 Faktory ovlivňující šíření škodlivin a jejich charakteristika. Zvláštnosti šíření v městských aglomeracích, v terénu, v lesích apod.

Ničivý účinek toxických látek na osoby, zvířata, materiál či vytváření kontaminovaných prostorů je ovlivněn celou řadou faktorů. Kromě fyzikálních a chemických vlastností samotné toxické látky je to především způsob úniku či použití toxické látky a vnější příčiny, které limitují stálost toxických látek a opatření nutná k ochraně osob a majetku.

Na účinnost použití chemických zbraní a dalších toxických látek, uniklých např. při průmyslových chemických haváriích, včetně organizace opatření k ochraně před nimi a dekontaminace mají **z hlavních prvků** vliv zejména:

- teplota vzduchu a povrchu půdy v místě napadení či úniku a v prostředí, kterým se kontaminované ovzduší šíří;
- teplotní zvrstvení atmosféry v její přízemní vrstvě (sahající od zemského povrchu do několika desítek metrů);
- směr a rychlost proudění (údaje o přízemním větru);
- množství atmosférických srážek, výška sněhové pokrývky, stupeň oblačnosti a vlhkosti vzduchu;
- vliv nerovností a pokrytosti terénu stojícímu v cestě šíření kontaminovaného ovzduší, atd.

Charakter teplotního zvrstvení má největší vliv na hloubku plošného rozšiřování oblaku toxických látek a účinnost jejich působení na osoby, které se nacházejí v různých vzdálenostech od zdroje kontaminace a to i na závětrných místech v terénu či v městských aglomeracích.

Nejvýhodnějším přízemním zvrstvením k hloubkovému přenosu toxických látek je teplotní inverze, při které se může oblak tvořený těžkými látkami přemístit do vzdálenosti až 60 km. Naproti tomu při izotermii je hloubka rozšíření kontaminovaného vzduchu v průměru dvakrát menší. V případě výskytu konvekce (uspořádaný pohyb ve vertikálním směru) bude hloubka rozšíření v porovnání s izotermií menší.

**Přízemní proudění**, tj. směr a rychlost proudění větru je nezbytnou meteorologickou charakteristikou pro hodnocení vlivu počasí na efektivnost šíření toxických látek. V důsledku vzestupných nebo sestupných pohybů vzduchu mění oblak kontaminantu svou polohu ve vertikálním směru. U předpovědi chemické kontaminace je nutné takovéto skutečnosti podrobně zvažovat. Rovněž při organizaci dekontaminačních prací musí být brán v úvahu směr přízemního větru ve vztahu k rozvíňovaným dekontaminačním místům a plochám; při dekontaminaci terénu závisí bezpečnost dekontaminaci provádějících osob na směru přízemního větru a uspořádání dekontaminačních vozidel a pracovišť.

Rychlost větru má rovněž vliv i na intenzitu změn koncentrace toxických látek v oblaku kontaminovaného vzduchu. Při slabém větru je jejich koncentrace v daném prostoru vyšší, při silném větru se velice účinně uplatňuje mechanická turbulence. Zvýšená rychlost větru podmiňuje podstatné zmenšení hloubky šíření kontaminovaného vzduchu, což je spojeno s intenzivnějšími turbulentními pohyby vzduchu (tzn. s

nepravidelnými vířivými pohyby v proudícím vzduchu). Znamená to, že hloubka šíření oblaku kontaminantu je nepřímo úměrná rychlosti větru.

Rychlost pohybu oblaku kontaminantu látek lze rozložit na složku horizontální (vítr) a vertikální (výstupný nebo sestupný pohyb). Trajektorie přemísťování oblaku je dána směrem větru a rychlost jeho pohybu rychlostí větru. Na rychlosti větru závisí doba, za kterou oblak dosáhne určitého místa, a rovněž i doba, po kterou oblak bude přes určité místo přecházet (tzv. zdánlivé setrvávání oblaku na místě). Pohyb oblaku tedy ovlivňuje účinek toxických látek a opatření která je potřeba činit k ochraně osob.

Výstupným nebo sestupným pohybem mění oblak svoji polohu ve vertikálním smyslu. V případě vzestupu (třeba i ze zemského povrchu) zpravidla dojde k jeho deformaci v důsledku zvyšování rychlosti větru s výškou. Naopak při poklesu se výška oblaku snižuje a kontaminovaný vzduch zatéká do prohlubní v terénu.

Pod vlivem místních změn přízemního větru dochází při přemísťování oblaku kontaminantu k častým změnám směru, často i o několik desítek stupňů, které lze přirovnat k zákrutám podobným meandrům řeky.

Při hodnocení charakteru terénu z meteorologických hledisek musí být zvažován vliv:

- terénních tvarů (vyvýšeniny, doliny, údolí a rokliny);
- vodních ploch a toků;
- rostlinné pokrývky (lesní masivy, jednotlivé háje, plochy porostlé křovím, zahrady, obilí aj.);
- terénních předmětů (sídlíště, jednotlivé stavby apod.).

Vliv terénu na vítr nelze popisovat komplexně. Níže jsou uvedeny pouze vybrané typické překážky, které mají vliv na rozložení přízemního větru.

Je-li vertikální překážka pro vzduch nepropustná, způsobuje, že se před ní vzduch nashromáždí, stlačuje a jeho rychlost klesá až k nulovým hodnotám. Vytváří se jakýsi polštář, po kterém se další vzduchová hmota přelévá přes překážku. Nad překážkou se proudnice zhušťují, takže svisle nad ní a v nejbližším okolí se budou vyskytovat vyšší rychlosti proudění.

Vertikální pohyby jsou spojeny se změnami teploty. S ohledem na vertikální teplotní zvrstvení se mohou tlumit (stabilní zvrstvení, inverzní průběh teploty) nebo prodlužovat a zrychlovat (labilní zvrstvení, konvekce).

Vane-li vítr kolmo k překážce, vznikají víry různých rozměrů, s různě položenými osami otáčení a to jak na návětrné, tak i na závětrné straně překážky. Pohyby vírového charakteru budou rozvinutější při konvekci a v případech, kdy se vliv vertikálních překážek na chod větru násobí. Parametry vzdušného proudění se totiž mění již ve značné vzdálenosti před překážkou. Je-li překážka značně širší než její výška, začíná zrychlování a vyzvedávání proudnic ve vzdálenosti, která odpovídá desetinásobku její relativní výšky. Za překážkou vzniká tzv. aerodynamický (anemometrický) stín. Délka aerodynamického stínu je 15 až 20krát delší než je výška vertikální překážky.

V místech před a hlavně za překážkou vznikají víry s vodorovnou osou. Jejich vznik podporují teplotní rozdíly způsobené ohřevem vertikální překážky a terénu. Tyto víry jsou zpravidla cirkulačně uzavřeny a výměna vzduchu mezi nimi a všeobecným vzdušným prouděním je tedy omezená. Za překážkou vzniká často celá řada postupně se zmenšujících vírů, která však, zvláště za labilního zvrstvení, brání návratu všeobecného proudu

k podloží. V tomto případě je za překážkou sice výměna vzduchu mezi víry a převládajícím (všeobecným) prouděním větší, ale vzdušné víry si nadále uchovávají izolovaný charakter.

Vliv návrší a hřebenů má celou řadu specifík. Především je závislý na relativním převýšení, zeměpisné orientaci, sklonu svahů a charakteru podloží. Velký praktický význam má místní cirkulace ovzduší s denní periodicitou (horské a údolní větry). Přes den se údolí intenzivně prohřívají, což napomáhá proudění vzduchu údolím v podélném směru vzhůru k horským hřebenům (tzv. údolní vítr). Naopak v noci stéká chladný vzduch po svazích do údolí (horský vítr). Nad horskými, stejně jako nad údolními větry vznikají protisměrné kompenzační vzdušné proudy.

Vliv jediného svahu bude záviset na jeho sklonu, výšce a orientaci vzhledem k proudění. Budeme-li hodnotit vliv jakéhosi idealizovaného návrší se stejným sklonem na návětrné i závětrné straně, při větru kolmém ke svahu se bude na návětrné straně vzduch zvedat a v důsledku zhuštění proudnic jeho rychlost směrem k hřebenu vzrůstat. Velikost zesílení větru bude záviset na sklonu svahu. Na závětrné straně bude rychlost větru při zemi postupně klesat. Takové plynulé obtékání je pravděpodobné pouze při inverzi (stabilním zvrstvení).

Je-li návětrný svah příkrý, pak bude růst rychlosti větru značný a na příkrém závětrném svahu se objeví díry (podobně jako za vertikální překážkou). Při labilním zvrstvení, např. v důsledku silného oslunění závětrného svahu, vzduch k podloží opět nepropadá a na závětrném svahu často vzniká místní svahový vítr, který vane proti převládajícímu vzdušnému proudění. Navíc může při takovémto vertikálním zvrstvení vznikat turbulence dosahující velkých výšek a jednotlivé víry, které se oddělují od místa svého vzniku, se pak mohou přesouvat v převládajícím proudění na značné vzdálenosti.

U osamělých (dominantních) kopců dochází při stabilním zvrstvení k obtékání vzdušného proudění z obou stran. Na jeho úbočí mění vítr směr a na návětrné straně se zvětšuje jeho rychlost. Před spojením obou větví na závětrné straně vzniká oblast vzdušných vírů. Vyskytují-li se za touto překážkou další terénní předměty, pak zpravidla k popsané zpětné sbíhavosti (konvergenci) proudnic nedojde.

Při labilním zvrstvení se část vzduchu přelévá přes kopec a u jeho vrcholu vzniká silná turbulence. Ve vystupujícím vzduchu se často vytváří tzv. horský (orografický) oblak setrvávající na místě i za silného větru. Na závětrné straně se rychle rozpouští.

Údolí, řečiště s vysokými břehy a jiné táhlé sníženiny mají směr a rychlost větru tím větší vliv, čím jsou širší. Vane-li vítr kolmo na údolí, snižuje se nad ním rychlost. U převládajícího směru větru nedochází ke změně, v místě náhlého zeslabení větru se však objevuje turbulentní zóna, zejména se projevující změnami směru větru v údolí. Na jeho dně se vyskytují buď slabé větry ve směru údolí nebo bezvětří.

Vliv lesního porostu a křovisek. Lesní porost tvoří přirozenou vertikální překážku, vzduch před ní zpomaluje pohyb a jeho převážná část se zvedá nad vrcholky stromů, zbytek proniká s postupně slábnoucí rychlostí do porostu. Vzdálenost oblasti ztišení větru závisí na směru a rychlosti převládajícího proudění (ve volné krajině) a na charakteru lesa (výška, hustota a druh stromů).

Větší část vzduchu se přelévá nad lesem. Vrcholky stromů tvoří nerovný povrch, který je propustný a pohyb vzduchu v jeho úrovni má vždy turbulentní charakter. V důsledku toho dochází k výměně vzduchu v lese se vzduchem bezprostředně se přesunujícím nad ním.

Turbulentní výměna je intenzivnější při labilním zvrstvení. Vzduch nad korunami stromů je teplejší a v lese chladnější, což znamená, že teplotní zvrstvení v lesním porostu je stabilní a vzduch se labilizuje pouze v místech přehřátých mýtin a polan (podmiňuje neuspořádanou výměnu vzduchu).

Za lesem klesá vzduch opět k zemi, zvláště při stabilním zvrstvení. Vyskytující se aerodynamický stín zasahuje do lesa jen asi 50 m (jedná se o 6 až 10 násobek střední výšky lesa). V této oblasti vzniká místní proudění směřující proti převládajícímu směru větru a způsobující zatékání vzduchu do lesa. V noci je tato místní cirkulace zesilována tzv. kompenzujícím prouděním, které směřuje z chladného okolí lesa do teplejšího lesního porostu.

Vliv sídlišť na pohyby vzduchu je velmi komplikovaný. Ulice orientované shodně s převládajícím směrem větru nekladou větru žádné překážky, zatímco za téže situace je v příčně orientovaných ulicích vítr slabý, vyskytuje se i bezvětří. V místech vyústění příčných komunikací do ulic s pohybujícím se vzduchem existuje silná turbulence. Silná turbulence je i ve výšce střech domů. Ulice šikmé vzhledem ke směru proudění mohou způsobit odklon pohybu vzduchu od převládajícího směru. Rozsáhlá prostranství (náměstí) mají větrné poměry podobné těm, které existují ve volné krajině. Ve dne směřuje místní cirkulace do města a je ovlivněna všeobecným pohybem ovzduší.

Teplota přízemní vrstvy vzduchu ovlivňuje u toxických látek především jejich:

- skupenství,
- těkavost (prchavost),
- stálost (setrvalost či perzistenci),
- viskozitu (vnitřní tření, vazkost).

Teplota vzduchu podmiňuje chování toxických látek a ovlivňuje opatření k ochraně osob a dekontaminaci. Především může mít vliv na skupenství toxických látek, jejichž bod varu a tuhnutí je v rozmezí vyskytujících se teplot vzduchu. Teplota zároveň ovlivňuje sorbovatelnost látek na aktivním uhlí a permeaci látek izolačními ochrannými fóliemi ochranných oděvů.

S teplotou vzduchu souvisí těkavost toxických látek, protože teplota vzduchu ovlivňuje výpar. Za chladného počasí by bylo v mnoha případech teoreticky možné se pohybovat bez ochranné masky, v případě kontaminace některými látkami, např. yperitem, aniž by jeho páry měly znatelný toxický účinek. Vyšší výpar ovlivňuje stálost toxických látek na terénu. Letní teploty vzduchu 20 až 25 °C snižují dobu účinku toxických látek.

Teplota vzduchu rovněž ovlivňuje viskozitu látek, tzn. schopnost jejího vsakování do půdy, tím i přirozenou dekontaminaci, a také pronikání látek k pokožce oděvem, izolačními ochrannými fóliemi ochranných oděvů, sorpčními náplněmi filtrů, sorpčními vrstvami filtračních ochranných oděvů atd.

Velký význam má teplota vzduchu při dekontaminaci. Aby bylo možné použít dekontaminačních prostředků i při nízkých teplotách, jsou např. některé armádní dekontaminační prostředky vybaveny látkami,

kteře při styku s vodou uvolňují teplo a tím zahřívají dekontaminační směsi na potřebnou teplotu, která je účinná pro dekontaminaci. Kromě toho, horké proudy jsou využívány pro dekontaminaci tzv. fyzikálním způsobem cestou ofukování kontaminovaných povrchů proudem horkých spalin (200 až 300 °C), kdy dochází odpařování nebo k termickému rozkladu látky a k jejímu unášení z povrchu.

Teplota vzduchu a půdy ovlivňují účinnost toxických látek. Z teploty vzduchu se rovněž odvozuje agregátní stav či skupenství toxických látek. Na základě takovýchto znalostí lze i určit pravděpodobnost jejich reálného účinku a chování.

Teplota povrchu půdy ovlivňuje intenzitu odpařování kapalných toxických látek a v podstatě určuje jejich stálost v terénu.

Při hodnocení stálosti toxických látek je rovněž nutné brát v úvahu průběh teploty vzduchu a půdy během 24 hodin. Musí se k ní také přihlížet při organizaci ochrany před toxickými látkami a výběru dekontaminačních prostředků při provádění dekontaminace. Ovlivňuje i délku doby nepřetržitého pobytu osob v zařízení kolektivní ochrany atd.

Atmosférické srážky - intenzivní deště (silný dlouhotrvající déšť a lijáky) zvyšují v ovzduší mechanické promíchávání, což vede k snižování koncentrace toxických látek v oblaku zamořeného vzduchu. Kromě toho dochází při nich k vymývání par toxických látek z atmosféry dešťovými kapkami a následnému zmenšování hloubky šíření oblaku. U průmyslových toxických látek mohou srážky způsobovat rozpouštění látky v atmosférické vlhkosti a může dojít k intenzivnímu snižování koncentrace těchto látek v ovzduší a do jisté míry k dekontaminaci přirozenou cestou. Intenzivní srážky tedy poněkud snižují účinky působení toxických látek na živou sílu.

Silné dlouhotrvající deště a lijáky snižují stálost kapalných toxických látek v terénu. Částečně u nich probíhá hydrolyza a částečně jsou smývány deštěm s povrchů a terénu.

Vysoká relativní vlhkost může mít velký vliv na chování průmyslových toxických látek v ovzduší. Toxická látka může vytvářet tzv. kondenzační jádra, na kterých dojde ke srážení vlhkosti. Vznikají kapičky, které obsahují část vázané škodliviny. Tyto kapičky pak dále podléhají agregaci, zvětšuje se jejich velikost a dochází k sedimentaci vytvořeného aerosolu. Tím může docházet ke snižování koncentrace toxické látky a ke snižování jejich účinku na osoby. Při vysoké vlhkosti vzduchu však dochází k zahlcování pórovité struktury aktivního uhlí vodními parami, což vede k nutnosti častější výměny filtrů. U průmyslových toxických látek však zachycená vlhkost v ochranných filtrech může naopak vést k lepšímu zachytu těchto látek v pórovité struktuře, protože může docházet k rozpouštění těchto látek v sorbované vodě. Obecně však aktivní uhlí velmi špatně sorbuje průmyslové toxické látky, zejména pak látky s nízkou molární hmotností a proto musí být použity speciální filtry k jejich zachytu.

Na usazování či chování toxických látek ve vzduchu má vedle meteorologických a dalších podmínek vliv především relativní hustota toxických látek. Nízké hustoty způsobují rychlý rozptyl látek a nedochází ke kontaminaci povrchu terénu, naopak se vzrůstající hustotou roste i pravděpodobnost kontaminace terénu a dalších povrchů. Hustota plynů roste obecně se snížením teploty a naopak. Lze proto očekávat, že při nižších teplotách bude stabilita oblaků toxických látek vyšší než při teplotách vyšších. Při nižších teplotách roste rovněž

pravděpodobnost, že budou kontaminovány rozsáhlé plochy terénu, objekty a hrozí nebezpečí zatékání těchto látek například do sklepních prostor.

Hlavním mechanismem rozptylu toxické látky v ovzduší je difúze. Působení turbulentních pohybů v ovzduší dochází k promíchávání vzduchu s toxickou látkou, k rozšiřování oblaku a zákonitě ke snižování objemové koncentrace látky v ovzduší. Intenzita turbulentní difúze je proměnlivá a bude záviset na vzniku a vývoji turbulentních pohybů. Ty jsou podmiňovány buď mechanickými nebo tepelnými příčinami.

Při turbulenci dochází ke vtahování okolního vzduchu do daného vzdušného prostředí a k narušování jeho objemové celistvosti. V atmosféře se prakticky vyskytuje, ať již z termických nebo dynamických příčin neustále. Charakteristický neuspořádaný pohyb vzduchových částic, jemuž podléhají i příměsi, připomíná pohyb víru. Podle jeho rozměrů se rozlišuje mikroturbulence a makroturbulence.

Mikroturbulence uvnitř oblaku toxické látky přispívá k jeho homogenitě a do značné míry i stabilnosti. Hustší plyny (částice) jsou ze spodních vrstev vynášeny do vrstev vyšších a naopak plyny s nižší hustotou prodělávají v oblaku pohyb opačný.

Při makroturbulenci, projevující se náhlými nárazy větru a změnami jeho směru, se může oblak rozdělit na několik částí, které se promíchávají s nekontaminovaným vzduchem a nahromaděnou plynnou směs rozptylují.

Turbulentní difúzi ovlivňuje řada činitelů. Především se to týká průběhu rychlosti větru s výškou, vlivu terénních tvarů, předmětů a rostlinné pokrývky na vzdušné proudění a zvláště pak vertikální zvrstvení (stratifikace) atmosféry – inverze, izotermie, konvekce.

### **Použitá literatura**

Chem-51-4 *Meteorologické zabezpečení monitorování radiační a chemické situace*. Praha: Ministerstvo obrany 2003. 220 s.

### **Doporučená literatura**

SCHMIDT, M. *Meteorológia pre každého*. Bratislav: ALFA 1980. 256 s.

KOBZOVÁ, Eva. *Počasi*. Olomouc: Rubiko 1998. 276 s. ISBN 80-85839-26-1

### **Klíčová slova**

Teplotní zvrstvení atmosféry, teplota půdy, teplota vzduchu, proudění vzduchu, turbulence

### **Kontrolní otázky**

1. Jaké hlavní prvky mají vliv na šíření toxických látek?
2. Jak ovlivňuje proudění vzduchu vertikální překážka?
3. Jaký je vliv lesa na šíření toxického oblaku?
4. Jaký je vliv městských aglomerací na šíření oblaku toxické látky?

#### **4 Ochrana osob ochrannými prostředky dýchacích orgánů filtračního typu. Rozdělení prostředků filtračního typu a jejich stručná charakteristika. Hlavní ochranné a konstrukční charakteristiky obličejových masek.**

Ochrana dýchacích orgánů závisí na typu škodliviny, která bude obsažena v okolním ovzduší, kde budou osoby pracovat. Z tohoto hlediska může být okolní ovzduší (vnější ovzduší) rozděleno na vzduch vhodný k dýchání bez omezení, tzn. přirozený vzduch, vzduch znečištěný částicemi, plyny a párami látek, či směsným znečištěním, tj. částicemi, plyny a párami látek, nebo může být vzduch nevhodný k dýchání z důvodu obsahu kyslíku menším než 17 obj. %.

Existují dvě rozdílné metody zajišťování individuální (osobní) ochrany dýchacích orgánů před znečištěným ovzduším:

- čištěním vzduchu, tj. odstraňováním nežádoucích příměsí z proudu přiváděného (vdechovaného) vzduchu;
- přiváděním vzduchu, kyslíku nebo dýchacího média z nezávadného zdroje.

První způsob je zajišťován pomocí filtračních dýchacích přístrojů, které jsou závislé na okolním ovzduší, druhý způsob pak pomocí izolačních dýchacích přístrojů, které jsou na okolním ovzduší nezávislé.

V případě nedostatku kyslíku ve vzduchu musí být ochrana zabezpečena vždy izolačními dýchacími přístroji. V případě přítomnosti nějakého kontaminantu bude záviset na celé řadě okolností, které mohou rozhodnout o použití izolačního nebo filtračního způsobu ochrany dýchacích orgánů. Pro úplné zjednodušení je možné říci použití izolačních dýchacích přístrojů je možné ve všech případech, je tedy univerzální. Vedle výhod má však celou řadu nevýhod, které jsou rozebrány v jiné přednášce.

Použití filtračních dýchacích přístrojů, tedy přístrojů závislých na okolním ovzduší bude možné v případech, kdy:

- škodlivinu, která je přítomna ve vnějším ovzduší, bude filtrační dýchací přístroj zachycovat;
- doba, po kterou bude možné či nutné filtrační dýchací přístroj použít bude dostatečná ke splnění úkolu v kontaminovaném prostředí bez nutnosti výměny prostředku nebo filtru (v krajním případě je možné filtr vyměnit i v kontaminovaném prostředí při dodržení zvláštních režimových opatření; bude se však jednat o krajní případ). Do této doby je nutné započítat i dobu nutnou k příchodu nebo příjezdu do místa výkonu prací a dobu nutnou k opuštění kontaminovaného prostoru;
- všechny konstrukční parametry prostředku budou vyhovovat pro jeho použití v kontaminovaném prostředí (zejména koeficient podsávání). Tento požadavek úzce souvisí s vlastnostmi kontaminantu.

Filtrační dýchací přístroje se skládají z lícnicové části a filtru (filtrů) nebo polomasky z filtračního materiálu. Mohou být bez nuceného přívodu vzduchu, s pomocnou ventilací nebo s nuceným přívodem vzduchu.

Filtrační dýchací přístroje mohou poskytovat různý stupeň ochrany – proti částicím, proti plynům a parám a proti částicím, plynům a parám.

Stupeň ochrany filtračními dýchacími přístroji bude záviset na typu ochranného prostředku dýchacích orgánů, tedy na lícnicové části a na typu filtru (je-li nutnou součástí lícnicové části).

Lícnicovými částmi mohou být obličejové masky, polomasky, čtvrtmasky, ústenky, lícnicové části z filtračního materiálu. Stejnému účelu mohou sloužit přilby (s přívodem vzduchu), kukly (s přívodem vzduchu), rovněž bundy s kuklou (s přívodem vzduchu) a oděvy (s přívodem vzduchu). Použití konkrétního typu lícnicové části bude závislé vlastnostech kontaminantu přítomném v okolním ovzduší a rovněž na charakteru vykonávané práce.

**Obličejová maska** je pevná lícnicová část zakrývající ústa, nos, oči a bradu. Tento ochranný prostředek je mnohdy označován jako plynová maska či, poněkud lépe, ochranná maska. Tento prostředek při spojení s vhodným typem filtru poskytuje z filtračních dýchacích přístrojů nejdokonalejší ochranu. Je využíván všude tam, kde je potřeba zabezpečit nejen ochranu dýchacích orgánů ale taky očí a obličejů. Má uplatnění při ochraně všech kategorií osob s výjimkou dětí pod 6 let, kde se uplatňují jiné typy ochranných prostředků. Konstrukce obličejových masek, zejména v posledních deseti letech, doznala významných změn při zabezpečení vysokých standardů ochrany a komfortu nošení (dlouhodobé snesitelnosti), který je zabezpečen použitím nových materiálů a konstrukčního uspořádání.

Obličejové masky mohou mít i poněkud netradiční podobu. Například pro děti byly v USA za války vyráběny masky v podobě myšáka „Mikiho“. Tato podoba byla přijata z důvodu odstranění psychické bariéry dětí při používání masek. Podobnou masku se stejným označením Mickey Mouse měla za II. světové války i Anglie.

Obličejové masky mohou být určeny pro různé zájmové skupiny – pro armádu, pro civilní použití, průmyslové. V každé z těchto kategorií mohou být ještě další masky určené pro vybraný okruh specialistů. Nejvíce je to patrné v armádě, kde můžeme najít speciální masky pro raněné na hlavě, nebo třeba pro zaměřovače. Příkladem takových masek může být např. maska ŠR-2, která je určena pro raněné na hlavě nebo maska PRV-U, která byla určena pro obsluhu raket.

Dalším ochranným prostředkem jsou polomasky. **Polomaska** pevná je lícnicová část zakrývající ústa, nos a bradu. Polomaska je tedy prostředek, který nechrání oči. Ochrana dýchacích orgánů bude závislá na použitém typu filtru. Použití prostředku je však limitováno skutečností, že není úplně chráněn obličej a zejména oči uživatele. Těsnost prostředku je menší než v případě obličejových masek. I tyto prostředky zaznamenávají v posledním období značný rozvoj, zlepšuje se jejich konstrukce a využívají se nové materiály s cílem zkvalitnit ochranu a zabezpečit dlouhodobou snesitelnost prostředku.

Ochranným prostředkem podobným polomasce je **čtvrtmaska**. Čtvrtmaska je pevná lícnicová část zakrývající ústa a nos. Tyto prostředky jsou poměrně málo používány a i v nabídce obchodních společností jsou zastoupeny velmi málo.



Zvláštní místo v ochraně dýchacích orgánů mají tzv. **ústenky**. Jedná se o zařízení přidržené jen zuby nebo zuby a upínacím systémem, utěšňovaná rty, skrze níž je vzduch vdechován a vydechován, přičemž nos je uzavřen svorkou.

Ústenka je používána u filtračních dýchacích přístrojů a dýchacích přístrojů s otevřeným dýchacím okruhem. V současné době se ústenky využívají u tzv. únikových (sebezáchranných) přístrojů, jejichž nabídka se v posledních několika letech výrazně rozšířila. Používají se buď v podobě samostatného dýchacího zařízení, nebo jako součást prostředku chránícího i hlavu uživatele.

Další skupinu ochranných prostředků tvoří **lícnicová část z filtračního materiálu** (filtrační polomaska). Jedná se o prostředek, který je zhotoven z filtračního materiálu a to buď celý nebo z větší části. Velmi často je tento prostředek nazýván respirátorem či rouškou. Tyto prostředky se používají všude tam, kde je potřeba chránit dýchací orgány proti škodlivinám typu prachu, aerosolů, bakterií - tedy obecně proti částicím.

Existují rovněž filtrační polomasky s ventily, které jsou určeny k záchytu částic nebo plynů a částic. Jsou vyrobeny z filtračních tkanin a v případě jejich určení k záchytu plynů je často doplňkovým ochranným materiálem aktivní uhlí (zpravidla speciálně upravené), které zachytává látky fyzikálním způsobem sorpce (při chemisorpční úpravě i pomocí chemisorpce).

Posledním typem ochranného prostředku patří do lícnicových částí z filtračního materiálu je polomaska bez vdechovacích ventilů s vyměnitelnými filtry na ochranu proti plynům nebo proti plynům a částicím nebo jenom proti částicím.

Všechny lícnicové části zahrnuté do skupiny lícnicových částí z filtračního materiálu jsou konstrukčně velmi jednoduché a jejich cena je např. ve srovnání s obličejovými maskami zanedbatelná.

Zvláštním prostředkem ochrany je **přilba (s přívodem vzduchu)**. Jedná se o část ochranného prostředku dýchacích orgánů používaná jako lícnicová část a poskytující ochranu hlavy. V současné době se tento ochranný prostředek využívá často k ochraně dýchacích orgánů u svářečů v kombinaci s ochranou očí v podobě optických uzávěr.

Dalším ochranným prostředkem je **kukla (s přívodem vzduchu)**. Jedná se o volně tvarovanou lícnicovou část, která pokrývá obličej, a která může pokrývat celou hlavu. Přívod vzduchu je zpravidla zabezpečován pomocí filtrační a ventilační jednotky, kukla však může být i součástí neautonomních izolačních dýchacích přístrojů.

Poslední dva typy ochranných prostředků jsou bunda s kuklou (s přívodem vzduchu) a oděv (s přívodem vzduchu). **Bunda s kuklou** je oděv s přívodem vzduchu užívaný jako lícnicová část pokrývající hlavu a horní část těla do pasu a po zápěstí. **Oděv (s přívodem vzduchu)** je oděv s přívodem vzduchu užívaný jako lícnicová část pokrývající celé tělo kromě zápěstí a kotníků. Jedná se vlastně o variantní prostředky ochrany, do kterých je přiváděn vzduch. Tyto prostředky jsou zpravidla používány pro speciální účely např. v laboratořích nebo pro ochranu dětí.

Při rozdělení filtračních dýchacích přístrojů bylo řečeno, že doplňkovou částí je nebo může být filtr.

**Filtr** je zařízení zachycující z procházejícího vzduchu určité škodliviny.

Filtry mohou být **částicové**, **protiplynové** a **kombinované**. Filtry proti částicím odstraňují částice z proudícího vzduchu. Protiplynové filtry odstraňují z procházejícího vzduchu určité plyny a páry. Kombinované filtry zachycují rozptýlené částice pevné, kapalné nebo jejich směs a určité plyny a páry. Víceúčelový filtr je pak protiplynový filtr, který splňuje požadavky na více než jeden typ protiplynového filtru.

**Filtry proti částicím** (označení **P**) jsou rozděleny podle jejich filtrační účinnosti do třech tříd: **P1**, **P2** a **P3**. Filtry P1 jsou určeny pouze proti pevným částicím. Filtry P2 a P3 se liší od sebe podle schopnosti, s jakou odstraňují buď pevné a kapalné nebo jen pevné částice. Ochrana poskytovaná filtry P2, resp. P3 zahrnuje i odpovídající ochranu odpovídajícími filtry nižší třídy, resp. tříd. Filtrační účinnost filtru P1 je nejnižší, filtru P3 nejvyšší. Filtry se od sebe liší filtrační účinností, maximálními hodnotami dýchacího odporu a maximálními hodnotami počátečního průniku.

**Protiplynové filtry** odstraňují určité plyny a páry z proudu procházejícího vzduchu. Jsou rozděleny na typy filtrů či jejich kombinace. Je-li filtr kombinací typů filtrů, pak musí splňovat požadavky těchto typů.

Základní typy protiplynových filtrů jsou označeny **A**, **B**, **E**, **K**. **Typ A** je určen pro použití proti určeným organickým plynům a parám organických látek s bodem varu nad 65 °C, jak uvádí výrobce. **Typ B** je určen proti anorganickým plynům a parám podle návodu výrobce (kromě oxidu uhelnatému). **Typ E** je určen proti oxidu siřičitému a ostatním kyselým plynům podle návodu výrobce. **Typ K** je určen proti amoniaku a organickým aminům podle návodu výrobce. Kromě výše uvedených základních typů filtrů je možné použít protiplynové filtry **AX** a **SX**. Filtry AX jsou určeny proti nízkovroucím organickým sloučeninám s bodem varu  $\leq 65$  °C udávaných výrobcem. Protiplynové filtry SX jsou určeny pro použití proti speciálně vyjmenovaným plynům a parám. Filtry AX a SX jsou jen jednoho typu: AX a SX, tzn. že nejsou kombinovány s jinými typy protiplynových filtrů. Filtry AX a SX však mohou být kombinované (viz. níže). V uvedeném případě jsou rozděleny podle odpovídající účinnosti na AXP1, AXP2, AXP3, SXP1, SXP2, SXP3.

**Kombinované filtry** jsou určeny k záchytu jemných pevných nebo kapalných částic a určitých plynů a par. Jsou tedy kombinací filtrů částicových a protiplynových.

Zvláštní skupinu kombinovaných filtrů tvoří **filtry speciální**. Typ **NO-P3** je určen proti oxidům dusíku (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>); typ **Hg-P3** se používá proti parám rtuťi. Oba typy filtrů musí obsahovat částicový filtr P3.

**Protiplýnové filtry A, B, E a K** jsou podle jejich sorpční kapacity (nejmenšího požadovaného pohlceného množství škodliviny) **rozděleny na tři třídy**.

**Třída 1** mají filtry s malou sorpční kapacitou. Používají se zpravidla při koncentraci škodliviny ve vzduchu do 0,1 obj.%.

**Třída 2** je určena k označení filtrů se střední sorpční kapacitou. Používají se zpravidla pro koncentrace škodliviny ve vzduchu do 0,5 obj.%.

**Třídou 3** jsou označeny filtry s velkou sorpční kapacitou, které jsou zpravidla používány při koncentracích škodliviny ve vzduchu do 1,0 obj.%. Filtry třídy 2 a 3 zabezpečují beze zbytku ochranu v nižší třídě. Speciální filtry nejsou děleny do tříd. Filtry AX a SX jsou jen jedné třídy.

Filtry musí být označeny nejméně následujícími údaji (tab. 4.1):

- označením typu (A, B, E, K, NO-P3, Hg-P3, AX, SX),
- třídou filtru (A1, A2, A3, B1, B2 atd.),
- barevným označením (viz. tab. 4.2).

Tělo filtru musí být barevně označeno (viz. tab. 4.1) nebo může být alternativně označeno průběžnými pásy podle typu filtru po jeho obvodu.

*Tab. 4.1 Označení protiplýnových, kombinovaných a speciálních filtrů*

Typ	Třída	Barevné označení (barva těla filtru nebo barevný pruh na těle filtru)
A	1, 2 nebo 3	hnědé
B	1, 2 nebo 3	šedé
E	1, 2 nebo 3	žluté
K	1, 2 nebo 3	zelené
P	1, 2 nebo 3	bílé
kombinace		kombinace barevných označení
NO-P3		modré - bílé
Hg-P3		červené - bílé

Filtr NO-P3 musí být označen větou: „Jen pro jedno použití“; filtr Hg-P3 musí být označen větou: „Maximální doba použití 50 hodin“. Příklad značení protiplýnových a kombinovaných filtrů je uvedeno v tabulce 4.2.

Ochranné pouzdrové filtry zavedené v České republice, pokud není uvedeno jinak, mají oblý připojovací závit 40 x 1/7“ což je 40 x 3,629 mm (hodnota 1/7“ je uvedena v palcích). První údaj odpovídá průměru závitu v milimetrech, údaj v palcích označuje rozteč závitu. Uvedené označení odpovídá ČSN EN 148-1. V případě

potřeby je možné filtr nahradit jiným typem filtru s odpovídajícími rozměry závitu. Ochranné filtry u starších civilních masek mohou mít závit 40x4 mm.

Tab. 4. 2 Příklad značení protiplynových a kombinovaných filtrů

Typ a třída filtru - kódové značení	Barevné značení filtru
A2B2E2K2-P3	hnědé-šedé-žluté-zelené-bílé
A2B1	hnědé-šedé
AB2 (=A2B2)	hnědé-šedé

Ochrannými a konstrukčními vlastnostmi masek se zabývají příslušné normy. Z hlediska normálního uživatele by bylo vhodné znát následující charakteristiky:

### **Dýchací odpor**

Odpor ochranného prostředku dýchacích orgánů proudícímu vzduchu při vdechování (vdechovací odpor) a vydechování (vydechovací odpor).

### **Koeficient ochrany**

Poměr koncentrace škodliviny v okolním ovzduší a její koncentrace ve vzduchu vdechovaném uživatelem ochranného prostředku dýchacích orgánů.

### **Nominální koeficient ochrany**

Poměr koncentrace škodliviny přítomné v okolním ovzduší a její koncentrace vdechované uživatelem ochranného prostředku dýchacích orgánů, vypočteného při maximální hodnotě povoleného koeficientu podsávání v předepsaných zkouškách.

### **Podsávání těsnicí linie lícnicové části**

Okolní ovzduší pronikající do prostoru mezi obličejem a lícnicovou částí; převážně se vyjadřuje v procentech z celkového vdechovaného množství vzduchu.

### **Průnik, průniková koncentrace**

Koncentrace testovacího plynu ve vzduchu, který proudí ze zkoušeného filtru, jenž je považován za vyčerpaný.

### **Průnik**

Průnik okolního ovzduší do lícnicové části ze všech zdrojů s výjimkou filtru přístroje, při měření ve zkušební ve stanoveném ovzduší. Je vyjádřen jako procentní podíl z celkového vdechovaného vzduchu.

### **Celkový průnik**

Průnik okolního ovzduší do lícnicové části ze všech zdrojů včetně filtru nebo přístroje, při měření ve zkušební ve stanoveném ovzduší. Je stanoven jako procentní podíl z celkového vdechovaného vzduchu.

Problematika ochrany dýchacích orgánů je velmi rozsáhlá a vybrat optimální ochranný prostředek je velmi náročné, protože uživatel musí znát celou řadu skutečností limitující výběr vhodného prostředku ochrany. Rozhodující pro výběr správného prostředku je pochopitelně typ škodliviny a její očekávaná koncentrace v okolním ovzduší.

### **Doporučená literatura**

ČSN EN 133:2002 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Rozdělení (83 2200)

ČSN EN 132:2000 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Definice názvů a piktogramy (83 2202)

ČSN EN 404:1996 Dýchací sebezáchranné prostředky – Sebezáchranné filtrační dýchací přístroje – Požadavky, zkoušení a značení (83 2274)

ČSN EN 403:1996 Dýchací sebezáchranné prostředky – Únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni - Požadavky, zkoušení a značení (83 2273)

ČSN EN 143 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtry proti částicím – Požadavky, zkoušení, značení (83 2222)

ČSN EN 136 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Obličejové masky – Požadavky, zkoušení, značení (83 2210)

### **Klíčová slova**

Obličejová maska, polomaska, čtvrtmaska, ústenka, lícnicová část z filtračního materiálu, bunda s kuklou, kukla, filtr, filtr proti částicím, filtr protiplynový, dýchací odpor, nominální koeficient ochrany, průnik, celkový průnik, podsávání

### **Kontrolní otázky**

1. Jak můžete zajistit ochranu dýchacích orgánů?
2. Kdy můžete používat prostředky filtrační ochrany dýchacích orgánů v kontaminovaném prostředí?
3. Vysvětlíte jaký je rozdíl mezi obličejovou maskou, polomaskou a čtvrtmaskou.
4. Co je to filtr a jak mohou být filtry rozděleny?
5. Co všechno ovlivňuje použití konkrétního typu filtru?

## 5 Ochrana dýchacích orgánů pomocí prostředků izolačního typu (izolačními dýchacími přístroji). Rozdělení, zásady použití, jejich stručná charakteristika

Prostředky ochrany dýchacích orgánů filtračního typu – ochranné masky - nejsou univerzální. Není možné s nimi pracovat v prostředí s nedostatkem kyslíku a rovněž při práci pod vodou. Filtrační prostředky mají rovněž ohraničené možnosti v zachytu škodlivin (určitou hodnotu dynamické sorpční kapacity), která je závislá na fyzikálně-chemických vlastnostech škodlivin obsažených v okolním prostředí a na teplotě. Je zřejmé, že prostředek, ve kterém nebude proces dýchání spojen s vnější atmosférou, bude více univerzální ve vztahu k nadějnosti ochrany. Jmenovitě tento princip zabezpečení dýchání, resp. dýchacího média pro dýchání uzavřeného v dýchacím přístroji nebo jeho prostřednictvím dodávaného uživateli je využíván izolačními dýchacími přístroji.

**Izolačním přístrojem se nazývá přístroj umožňující jeho uživateli dýchat nezávisle na okolním ovzduší.** K zabezpečení dýchání je izolačním dýchacím přístrojem dodáván vzduch (dýchací médium, kyslík) z nekontaminovaného vnějšího prostředí, ze vzdáleného zásobníku, ze zásobníku neseného uživatelem nebo je generován při používání přístroje. Vydechovaný vzduch může být uživatelem vydechován do okolního prostředí, nebo může být vydechován do uzavřeného okruhu přístroje a přístrojem dále upravován pro vdechování.

Izolační dýchací přístroje, jako speciální prostředky ochrany dýchacích orgánů, jsou určeny pro práci v podmínkách, ve kterých nemohou být použity filtrační prostředky ochrany dýchacích orgánů, tj. při:

- velmi vysokých koncentracích škodliviny v okolním prostředí, kterou sice ochranný filtr zachycuje, došlo by však k rychlému vyčerpání sorpční kapacity filtru a nutnosti rychlému opuštění kontaminovaného prostoru. V uvedených případech by potřebná doba pro splnění úkolu neodpovídala potřebné době ochrany uživatele filtrem s nezbytnou rezervou pro návrat z kontaminovaného prostředí;
- pokud je v okolním prostředí škodlivina, kterou ochranný filtr nezachycuje nebo takový filtr není k dispozici;
- při malé koncentraci kyslíku v okolním prostředí (podle normy ČSN EN 132 při obsahu kyslíku ve vzduchu menším než 17 obj. %);
- pokud je předpokládána doba práce v kontaminovaném prostředí delší než je rezistenční doba filtru a není-li možnost práce v kontaminovaném prostředí přerušit k vystřídání. V uvedeném případě musí mít izolační dýchací přístroj dostatečnou zásobu dýchacího média, nebo musí být zvolen takový typ izolačního dýchacího přístroje, který je schopen zabezpečit ochranu požadovanou dobu;
- pokud nedostačují některé parametry obličejové masky, které nejsou schopny zaručit nadějnou ochranu uživatele;
- při práci pod vodou (zvláštní případ ochrany, používaný ve specifických podmínkách);
- pro případy úniku z prostředí, kdy není možné z nejrůznějších důvodů použít filtrační prostředky ochrany dýchacích orgánů.

Izolační dýchací přístroje mohou být rozděleny do tří velkých skupin – na izolační dýchací přístroje neautonomní, autonomní a únikové.

**Neautonomní izolační dýchací přístroj** je hadicový dýchací přístroj, do kterého je vzduch (dýchací směs) dodávána z vnějšího nezávadného zdroje. Délka přívodu je závislá na způsobu dodávání dýchací směsi a na konstrukčním uspořádání samotného přístroje.

**Autonomní izolační dýchací přístroj** je přístroj, u něhož si sám uživatel řídí zásobování dýchacím plynem. Tyto přístroje mají zásobníky s dýchacím plynem a nejsou tedy závislé na vnějším zdroji.

**Únikový dýchací přístroj** je ochranný prostředek dýchacích orgánů konstruovaný pouze pro použití během úniku z prostoru s nebezpečným ovzduším.

Všechny uvedené typy přístrojů mají další dělení.

Neautonomní izolační dýchací přístroje je možné rozdělit na dvě velké skupiny – na dýchací hadicové přístroje a na hadicové dýchací přístroje na tlakový vzduch.

Do první skupiny jsou zahrnuty hadicové dýchací přístroje s přívodem vzduchu s maskou, polomaskou nebo ústenkou (bez nuceného přívodu čistého vzduchu nebo s přívodem vzduchu zařízením s ručním pohonem) a hadicové dýchací přístroje s nuceným přívodem vzduchu na motorový pohon s kuklou.

Druhá skupina obsahuje celkem pět typů hadicových dýchacích přístrojů – hadicové dýchací přístroje na tlakový vzduch s maskou, polomaskou nebo ústenkou, hadicové dýchací přístroje s přívodem tlakového vzduchu s připojenou kuklou, hadicové dýchací přístroje s přívodem tlakového vzduchu nebo s přívodem čistého netlakového vzduchu s připojenou kuklou určenou pro otryskávací práce, hadicové dýchací přístroje lehkého typu s přilbou nebo kuklou a hadicové dýchací přístroje lehkého typu s maskou, polomaskou nebo čtvrtmaskou.

První skupina přístrojů je velmi jednoduché konstrukce. **Hadicový dýchací přístroj bez nuceného přívodu vzduchu** umožňuje uživatele zásobit se dodávkou vzduchu vlastním dýcháním přírodní hadicí a obličejovou maskou, polomaskou nebo ústenkou. Vydechovaný vzduch uniká do okolního ovzduší. Požadavky na tento typ prostředku řeší EN 138.

Druhým typem přístroje je **hadicový dýchací přístroj s nuceným přívodem na ruční pohon**, který umožňuje uživateli zásobit se dodávkou vzduchu, který je hnán nízkotlakou hadicí pro přívod vzduchu pomocí dmychadla na ruční pohon do vhodné lícnicové části. V naléhavé situaci je uživatel schopen se nadechnout nezávisle na tom, zda je dmychadlo v činnosti či nikoli. To mu umožňuje dýchací vak, který je součástí zařízení. Vydechovaný a přebytečný vzduch uniká do okolního ovzduší. Požadavky na tento typ prostředku řeší EN 138.

**Hadicový dýchací přístroj s nuceným přívodem vzduchu typ s motorovým pohonem a kuklou** umožňuje uživateli zásobit se dodávkou vzduchu, který je hnán nízkotlakou hadicí pro přívod vzduchu pomocí ventilátoru s motorem nebo jiným zařízením, jako je injektor na stlačený vzduch, do vhodné lícnicové části. V naléhavé situaci je uživatel schopen se nadechnout nezávisle na tom, zda je ventilátor v činnosti či nikoli. Vydechovaný a přebytečný vzduch uniká do okolního ovzduší. Požadavky na tento typ prostředku řeší EN 138 a EN 269. Kromě kukly je možné připojit i obličejovou masku.

Jednoduchost zařízení a způsob dopravy vzduchu omezuje i užití těchto přístrojů. S hadicovými přístroji bez nuceného přívodu vzduchu je možné vykonávat jednoduché práce, zpravidla v šachtách nebo nádržích. Bezprostřední okolí těchto zařízení nemůže být proto kontaminováno. U zařízení s ventilátory je možnost dodávky dýchacího média (vzduchu) na vzdálenost větší, zařízení má však omezení související s nutností zařízení obsluhovat druhou osobou či zabezpečit dozor spočívající v zabránění vypnutí zařízení. Osoba používající takováto zařízení, díky nutnosti spojení se zdrojem dýchacího média hadicí, má omezené možnosti pohybu. Uvedené zařízení je však možné používat dlouhou dobu, která souvisí pouze s vydrží nositele.

Mezi základní výhody uvedených přístrojů patří:

- uživatel nemusí absolvovat speciální kurz pro obsluhu přístrojů;
- nízké pořizovací náklady;
- konstrukční jednoduchost přístrojů;
- snadná údržba přístrojů.

Mezi nevýhody uvedených přístrojů patří:

- omezení činnosti uživatele hadicí pro přívod vzduchu;
- obtížnější manipulace s přístroji zapříčiněná manipulací s hadicí;
- nezbytnost přítomnosti další osoby pro obsluhu ventilátor nebo dohled;
- nezbytnost provádění revizí elektrických zařízení u typů s motorovým pohonem;
- nutnost zdroje elektrického napětí u zařízení s motorovým pohonem;
- použití přístrojů v prostředí s lokální kontaminací.

**Hadicové dýchací přístroje na tlakový vzduch** jsou přístroje do jejichž lícnicové části je dodáván dýchátný vzduch ze zdroje tlakového vzduchu. Svoji konstrukcí jsou poněkud složitější než první skupina dýchacích hadicových přístrojů. **Hadicový dýchací přístroj s přívodem tlakového vzduchu, typ s nepřetržitým proudem vzduchu** umožňuje uživateli zásobování dýchátným vzduchem dodávaného nepřetržitým proudem do vhodné lícnicové části pomocí dýchací hadice. Přístroj obsahuje nastavitelný regulační ventil, jenž umožňuje regulovat dodávku vzduchu. Přívodní hadice na tlakový vzduch napojuje uživatele na přívod tlakového vzduchu. Dýchací hadice je vybavena ventilem pro odvod přebytečné dodávky vzduchu. Přebytečný vzduch proudí do okolní atmosféry. Podobné konstrukční uspořádání má **hadicový dýchací přístroj s přívodem tlakového vzduchu, dávkovací typ s plicní automatikou**. Přístroj umožňuje uživateli zásobování dodávkou dýchátného vzduchu, který proudí přes plicní automatiku do vhodné lícnicové části, určené k vdechování. V daném případě tedy dýchací automatika reguluje přívod vzduchu do lícnicové části podle spotřeby uživatele. Přívodní hadice pro tlakový vzduch napojuje uživatele na dodávku tlakového vzduchu. Přebytečný a vydechovaný vzduch proudí do okolní atmosféry.

**Autonomní izolační dýchací přístroje** se dělí na dvě velké skupiny a to na autonomní izolační dýchací přístroje **s otevřeným okruhem** a autonomní izolační dýchací přístroje **s uzavřeným okruhem**.

U autonomních dýchacích přístrojů s otevřeným okruhem vydechovaný vzduch odchází bez recirkulace do okolního ovzduší. Autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem pak zachycují oxid uhličitý z vydechovaného vzduchu a dodávají kyslík nebo směs kyslík/dusík do vzduchu vdechovaného uživatelem.



**Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem na tlakový vzduch** mohou mít konstrukčně různé uspořádání. Základem je však láhev na tlakový vzduch (dýchací médium), redukční ventil, plicní automatika a lícnicová část. Zařízení má celou řadu bezpečnostních prvků, které informují, dnes již automaticky, uživatele o provozních ukazatelích přístroje. Uvedené přístroje mohou mít systémy, které vypočítávají zbytkovou zásobu dýchacího média v závislosti na aktuální spotřebě uživatele a informují (varují) jej o potřebě opustit prostor. Přístroje mohou mít různá dodatková zařízení, která např. umožňují přepouštění dýchacího média mezi dvěma uživateli či další zařízení, která hlídají bezpečnost uživatele.

Autonomní dýchací přístroje s uzavřeným dýchacím okruhem jsou jen jednoho typu – **s tlakovým kyslíkem nebo se směsí tlakového kyslíku a dusíku.**

Tento přístroj je konstruován a proveden tak, že vydechované vzdušiny jsou vedeny z lícnicové části do okruhu, který obsahuje pohlčovač a dýchací vak k akumulování vzdušnin k opětovnému dýchání. Pohlčovač obsahuje chemikálie, které absorbují vydechovaný oxid uhličitý. Kyslík je přiváděn do okruhu na vhodném místě stálou dávkou, nebo dávkou, která je řízena dýcháním, nebo vhodnou kombinací obou způsobů. Při nedostatku kyslíku v dýchacím vaku je kyslík automaticky připouštěn z kyslíkové láhve plicní automatikou. Při přetlaku kyslíku v dýchacím vaku je kyslík automaticky odpouštěn přetlakovým ventilem, aby nedošlo k poškození přístroje. Mezi základní výhody přístroje patří:

- přístroj je zcela autonomní a umožňuje uživateli volný pohyb;
- dýchací médium neuniká do okolní atmosféry, ale je upraveno v regenerační patroně. Tím je prodloužena doba použití přístroje (u některých přístrojů až na 4 hodiny).

Mezi základní nevýhody přístroje patří:

- uživatel musí absolvovat speciální kurz pro užívání přístroje;
- je třeba zabezpečit pravidelné kontroly zařízení, včetně revizí tlakových láhví;
- plnění láhví vyžaduje plnicí zařízení nebo zajištění plnění v komerčních zařízeních;
- doba práce uživatele je omezena kapacitou tlakových láhví;
- je nezbytně nutná výměna pohlčovače (u některých přístrojů je možné dodávat pohlčovače, které jsou znovu naplnitelné);
- vzhledem ke skutečnosti, že může dojít k zahřívání pohlčovače při používání přístroje, nemusí být přístroj vhodný pro práci v nebezpečných prostředích.

Poslední kategorií izolačních dýchacích přístrojů jsou tzv. **únikové přístroje**. Ty mohou být konstruovány s **otevřeným a uzavřeným okruhem.**

Únikové přístroje s otevřeným okruhem zahrnují dva typy – **autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem na tlakový vzduch s obličejovou maskou nebo ústenkou** a **autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem a tlakovým vzduchem a s kuklou (únikový přístroj s tlakovým vzduchem a kuklou).**

Únikové přístroje s uzavřeným okruhem zahrnují tři typy – **únikový přístroj s tlakovým kyslíkem, únikový přístroj s chemicky vyvíjeným kyslíkem (KO<sub>2</sub>) a únikový přístroj s chemicky vyvíjeným kyslíkem (NaClO<sub>3</sub>).**

**Únikový autonomní dýchací přístroj s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a s obličejovou maskou nebo ústenkou** je určen pouze pro únik. Jsou navrhovány a konstruovány tak, aby umožňovaly nositeli

dýchat vzduch dle požadavku z tlakové nádoby (nebo tlakových nádob) buď prostřednictvím redukčního ventilu a plicní automatiky nebo prostřednictvím plicní automatiky připojené na lícnicovou část. Vydechovaný vzduch prochází bez recirkulace z lícnicové části přes vydechovaný ventil do okolního ovzduší. Tyto přístroje mohou být rozděleny podle jmenovité doby užívání, která je definována výsledkem zkoušky na umělých plicích při minutové ventilaci 35 l/min (20 zdvihů/min, zdvihový objem 1,75 l). Jmenovitá doba používání se udává v minutách a je definována v krocích po 5 minutách. Konstrukce těchto přístrojů se řídí podle ustanovení ČSN EN 134.

Únikový autonomní dýchací přístroj s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a kuklou jsou konstruovány a sestaveny tak, že umožňují uživateli dýchat vzduch dodávaný kontinuálně do vhodné kukly s vysokotlaké láhve (láhvi). Vydechovaný a přebytečný vzduch uniká bez recirkulace z kukly vydechovacím ventilem (pokud je součástí) do vnější atmosféry. Únikové přístroje s tlakovým vzduchem a s kuklou se rozdělují podle jmenovité doby použití, která je rozdělena do stupňů po 5 minutách.

Únikové přístroje s uzavřeným okruhem se liší podle toho, zda-li je kyslík vyvíjen při chemické reakci ( $\text{KO}_2$  nebo  $\text{NaClO}_3$ ) nebo je součástí přístroje tlaková láhev s kyslíkem. Všechny přístroje jsou vybaveny dýchacím vakem a pohlcovačem oxidu uhličitého. K přístrojům může být připojena obličejová maska nebo ústenka.

Problematika izolačních dýchacích přístrojů je značně široká a na trhu je jich nabízeno značné množství. Je třeba si však uvědomit, že i přes dokonalou izolaci dýchacích orgánů od okolního ovzduší, bude nadějnost ochrany spočívat především v dokonalém technickém stavu těchto přístrojů. Je třeba poznamenat i to, že únikové přístroje slouží opravdu pouze jako evakuační zařízení v případě nehody. Jejich ochranné vlastnosti dané délkou jejich možného použití jsou značně omezené.

### **Doporučená literatura**

ČSN EN 132:2000 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Definice názvů a piktogramy (83 2201)

ČSN EN 133:2002 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Rozdělení (83 2200)

ČSN EN 134:1999 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Názvosloví součástí (83 2203)

### **Klíčová slova**

Izolační dýchací přístroj, neautonomní izolační dýchací přístroj, autonomní izolační dýchací přístroj, únikový dýchací přístroj, kukla, hadicový dýchací přístroj, otevřený okruh, uzavřený okruh

### **Kontrolní otázky**

1. Jaký je rozdíl mezi filtračním prostředkem ochrany dýchacích orgánů a izolačním prostředkem?
2. Kdy nemohou být použity filtrační prostředky ochrany dýchacích orgánů?
3. Jaké je základní rozdělení izolačních dýchacích přístrojů? Stručně je charakterizujte.
4. Jaké výhody mají hadicové dýchací přístroje?
5. Jaký rozdíl je mezi autonomními izolačními dýchacími přístroji s otevřeným a uzavřeným okruhem?

## **6 Ochrana povrchu těla prostředky ochrany povrchu těla. Rozdělení, jejich stručná charakteristika. Ochranné vlastnosti prostředků ochrany povrchu těla**

Ochrana povrchu těla je zpravidla nezbytnou součástí ochrany osob v případě chemického, radiačního a biologického rizika. Stupeň ochrany bude záviset na stupni rizika zranění nebo poškození zdraví.

Existují čtyři základní metody jak eliminovat nebo snížit riziko zranění či poškození zdraví:

- a)** snížit samotné nebezpečí zpravidla různými technickými opatřeními;
- b)** izolovat riziko či rizika;
- c)** zabránit přiblížení se riziku (kolektivní ochrana) různými zábranami;
- d)** ochránit pracovníka (individuální ochrana).

Použitím jednoho nebo více způsobů ochrany nebo použití několika prostředků individuální ochrany může vyvolat různé stupně nepohodlí (diskomfortu). Zabezpečit ochranu tedy neznamená jen chránit před nebezpečím, ale současně i poskytnout maximální komfort pro uživatele. To znamená, že k zabezpečení ochrany je třeba znát jak nebezpečí vyplývající z určitého druhu činnosti, tak současně je třeba znát i vliv prostředí, kondici pracovníka, ochranné vlastnosti prostředků individuální ochrany atd. Znalost všech činitelů by mělo umožnit zvolení adekvátního prostředku individuální ochrany. Je třeba mít i na paměti, že pouze bezvadný prostředek individuální ochrany může, při jeho vhodnosti na daném místě, proti danému nebezpečí a pro danou osobu, uživatele ochránit.

**Ochranný oděv** je oděv překrývající nebo nahrazující osobní oděv, který je navržen tak, aby poskytoval ochranu proti jednomu nebo více nebezpečím.

Požadavky na oděvy jsou sice spíše konstrukční záležitostí, avšak znalost obecných požadavků může pomoci orientovat se při výběru vhodného oděvu:

- materiály a součásti oděvů by neměly nepříznivě působit na osobu, která je nosí (alergické reakce);
- měly by osobě, která je nosí, poskytovat při náležitě ochraně co největší stupeň pohodlí;
- části ochranných oděvů přicházející do styku s uživatelem by neměly být drsné, neměly by mít ostré hrany a výstupky, které by mohly způsobit nadměrné dráždění či poranění (jakýkoliv útlak či dráždění se spolu s ostatními faktory mohou stát zdrojem nesnesitelných pocitů v průběhu nošení oděvu, což může vést k nutnosti přerušování práce pro odpočinek či k úpravě oděvu);
- jejich provedení by mělo usnadňovat správné umístění na uživateli a mělo by zajišťovat, že oděv zůstane na místě po předpokládanou dobu používání, přičemž je třeba brát v úvahu činitele prostředí spolu s pohyby a pozicemi, které může nositel v průběhu práce zaujímat. K tomuto účelu mají být oděvy vybaveny příslušnými prostředky, jako jsou systémy k uchycení oděvu (šle), k přizpůsobení odpovídající systém k úpravě nebo odpovídající rozsah velikostí, aby bylo možné ochranný oděv přizpůsobit morfologii uživatele;
- oděv má být co nejlehčí, aniž by tím byla ovlivněna navrhovaná pevnost a účinnost (velká hmotnost oděvu může vést k rychlému vyčerpání nositele).

Výše uvedené požadavky se týkají ochranných oděvů obecně. Pro konkrétní typ ochranných oděvů pak existují specifické požadavky ochranné, konstrukční a ergonomické.

Existuje značné množství oděvů chránících před různými riziky. **Podle určení** mohou být **ochranné oděvy rozděleny** na:

- ochranné oděvy proti mechanickému nebezpečí (proti pořezání);
- ochranné oděvy proti horku a ohni;
- ochranné oděvy proti chemickému nebezpečí;
- ochranné oděvy proti nepříznivým klimatickým podmínkám;
- ochranné oděvy proti biologickému nebezpečí;
- ochranné oděvy proti záření (ionizujícímu a neionizujícímu);
- oděvy, které zabezpečují lepší viditelnost uživatele;
- ochranné oděvy proti nebezpečí úrazu elektrickým proudem;
- antistatické ochranné oděvy.

Ochranné oděvy chránící proti určitému typu nebezpečí mají zpravidla ještě vnitřní dělení. Například ochranné oděvy proti horku a ohni mohou chránit proti plameni, přenosu tepla nebo letícímu horkému a/nebo roztavenému materiálu. Proti těmto nebezpečím pak oděvy mohou chránit v různých stupních, které jsou definovány v příslušných normách.

Pro práci v prostoru kontaminovaném chemickými látkami je třeba použít speciální ochranný prostředek povrchu těla. Platné normy definují tři typy prostředků ochrany povrchu těla:

**Protichemický ochranný oděv** – kombinace sestavených součástí oděvu, oblékaná pro získání ochrany proti působení nebo kontaktu s chemikáliemi. (Součást oděvu je samostatná část ochranného oděvu, jejímž oblečením poskytuje ochranu těla při styku s chemikáliemi).

**Protichemický ochranný oblek** - oděv, oblečený jako ochrana proti chemikáliím, jež zakrývá celé tělo nebo jeho větší část. Protichemický ochranný oblek může obsahovat součásti oděvu, sestavené k získání ochrany těla. Oblek může mít různé druhy doplňkové ochrany jako kuklu, přilbu, boty a rukavice, jež jsou k němu připojené.

**Plynotěsný oblek** – jednodílná oděvní součást s kapucí, rukavicemi a botami, která při nasazení spolu s izolačním dýchacím přístrojem nebo dýchacím přístrojem s dálkovým přívodem vzduchu, zajišťuje uživateli vysoký stupeň ochrany proti kontaminaci škodlivými kapalinami, pevnými částicemi a plyny či párami.

Ochranné oděvy proti chemickému nebezpečí budou zabezpečovat ochranu v různém stupni pro různá nebezpečí. Ochranné oděvy mohou být rozděleny na 8 typů.

Oděvy **typu 1** – jsou **plynotěsné oděvy** proti kapalným a plyným chemikáliím, včetně kapalných aerosolů a pevných částic. Pokrývají celé tělo a jejich součástí jsou ochranné rukavice, přezůvky a prostředky ochrany dýchacích orgánů. Oděvy mohou být ventilované nebo neventilované. Tyto oděvy se dále dělí na tři skupiny:

- **typu 1a:** prostředky ochrany dýchacích orgánů (izolační dýchací přístroj) jsou nasazeny pod oděvem;
- **typu 1b:** prostředky ochrany dýchacích orgánů (izolační dýchací přístroj) se nasazují z vnější strany oděvu;
- **typu 1c:** oděvy jsou spojeny se zdrojem vzduchu pomocí hadice;

Všechny oděvy typu 1 jsou vyrobeny z odolného materiálu proti **permeaci** škodlivin. **Oděvy určené pro záchranná družstva mají označení ET** (Emergency Team).

Oděvy **typu 2** – jsou podobné oděvům typu 1, **nejsou** však **plynotěsné**. Tento typ oděvů je rovněž vyroben z odolného materiálu proti **permeaci** škodlivin.

Oděvy **typu 3** – protichemické oděvy proti postřiku, který je ve formě spreje, s těsnými spoji mezi různými částmi. Tento typ oděvů je vyroben z odolného materiálu proti **permeaci** škodlivin.

Oděvy **typu 4** – protichemické oděvy proti postřiku, který je ve formě kontinuálního paprsku, s těsnými spoji mezi různými částmi. Tyto typy oděvů jsou vyrobeny z odolného materiálu proti **permeaci** škodlivin.

Oděvy **typu 5** – jsou protichemické oděv s těsnými spoji mezi různými částmi proti chemikáliím ve formě tuhých částic. Oděvy mohou být vyrobeny z prodyšného materiálu jehož provedení zajišťuje odolnost materiálu proti **penetraci** tuhých částic.

Oděvy **typu 6** – jsou protichemické oděvy zajišťující omezenou ochranu proti malým cákancům kapalných chemikálií. Jsou vyrobeny z materiálů, které mohou být prodyšné, jejichž provedení však musí zajistit odolnost proti **penetraci** kapalin.

Při charakteristice typů oděvů byly použity dva termíny – penetrace a permeace.

**Penetrace** (pronikání) je děj, při kterém chemikálie protéká dírami, nebo většími otvory v materiálu. Díry mohou být důsledkem mechanického poškození. K průniku může dojít i poškozeními, které vznikly v důsledku stárnutí materiálu nebo v důsledku chemického poškození materiálu.

**Permeace** (propustnost) je proces, při kterém chemikálie prochází materiálem ochranného oděvu na molekulární úrovni. Propustnost (permeace) zahrnuje:

- a) sorpci molekul chemikálie do povrchu materiálu (vnější strana), který je v kontaktu s chemikálií;
- b) difúzi sorbovaných molekul v materiálu v důsledku koncentračního spádu;
- c) desorpci molekul z vnitřku materiálu.

Z hlediska toxikologické ochrany osob je nutné zabezpečit ochranu proti kontaminaci radioaktivními částicemi. Tyto oděvy existují ve dvou základních variantách – s nucenou ventilací a bez nucené ventilace. Požadavky na ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivními částicemi řeší normy ČSN EN 1073-1 (832832) a ČSN EN 1073-2 (832832). Ochrana před biologickou kontaminací bude, stejně jako u oděvů protichemických, záviset na nebezpečnosti biologických látek. K ochraně osob mohou být uplatněny stejné oděvy jako v případě chemické kontaminace. Pro zvlášť nebezpečné biologické látky je potřeba používat speciální přetlakové oděvy napojené na trvalý zdroj tlakového vzduchu.

Ochranné vlastnosti oděvů vůči chemickým látkám jsou charakterizovány tzv. rezistenční dobou. **Rezistenční doba** je doba od nanesení chemické látky na lící stranu izolační ochranné fólie, z které je oděv zhotoven, do doby permeace škodliviny na rubní stranu fólie v určité koncentraci. Rezistenční doba je určována v minutách. Rezistenční doba je určována pro každou látku, proti které je oděv určen.

Základní příčinou pronikání škodlivin přes ochrannou izolační fólii je rozpouštění nízkomolekulární látky (škodliviny) ve vysokomolekulárním materiálu polymeru tj. permeace.

Základem mechanismu rozpouštění jsou difúzní procesy v systému nízkomolekulární látka – bariérová látka (polymer), které probíhají v důsledku koncentračního spádu.

Průnik škodliviny v důsledku pórovitosti fólie má druhořadý význam, protože pórovitost zapříčiněná technologií výroby je nežádoucí a takové materiály musí být vyřazeny v procesu kontroly. Penetrace v důsledku poškození materiálu nesprávným skladováním nebo používáním je samozřejmě možná a měla by být eliminována na minimum kontrolou ochranných prostředků.

Chemická reakce mezi škodlivinou a polymerem může mít v průběhu používání velký význam. Mělo by však platit, že oděv je používán pouze v podmínkách předpokládaného rizika.

Základní příčinou pronikání škodlivin izolačními ochrannými fóliemi je tedy zpravidla její rozpouštění v bariérové vrstvě (polymeru) spojené s difúzními procesy. Rozpuštění škodlivin je spojeno v podobě par či kapaliny v polymerech je doprovázeno bobtnáním polymeru. Toto bobtnání je funkcí času. Je důležité aby bariérové materiály bobtnaly co nejméně a relativně dlouhou dobu nepropouštěly škodlivinu (ideální stav - nekonečně dlouhá rezistenční doba). Bylo zjištěno, že na rozpustnost škodlivin v polymerech mají vliv především následující faktory:

- povaha kapaliny a polymeru;
- množství můstkových chemických vazeb;
- stupeň krystalické struktury polymeru;
- teplota.

Vztah mezi povahou kapaliny a polymeru a jejich rozpustností může být charakterizován starým pravidlem „podobné se rozpouští v podobném“. Rozpustnost látky v polymerním materiálu může být charakterizována veličinou mezního bobtnání.

Veličina mezního bobtnání je číselně rovna množství kapaliny (par), které je možno rozpustit v jednotkovém objemu (jednotce hmotnosti) polymeru v rovnovážných podmínkách. Příklady hodnot mezního bobtnání pryže na bázi přírodního kaučuku v různých kapalinách jsou uvedeny v tabulce 6.1.

*Tabulka 6.1 Hodnoty mezního bobtnání pryže na bázi přírodního kaučuku v různých kapalinách*

Kapalina	Mezní stupeň bobtnání, [%]
Benzen	500
Benzin	340
Diethylether	240
Anilin	14
Ethanol	3
Voda	2

Povaha polymeru, jeho prostorová struktura charakterizovaná přítomností makromolekule funkčních skupin neuhlíkatého typu nebo rozvětveností řetězce, má velký vliv na veličinu mezního bobtnání polymeru v kapalině. Srovnání struktury základního řetězce makromolekuly a veličiny mezního bobtnání dovoluje učinit závěr o vlivu prostorové struktury polymeru na jejich bobtnavost.

Můstkové chemické vazby mezi makromolekulami polymeru hrají důležitou úlohu při rozpustnosti polymeru v kapalině. Už nevelký počet těchto můstků vede k prudkému snížení mezní bobtnavosti. Například kaučuk, který nemá můstkové vazby, je schopen neomezeně bobtnat a plně přecházet do roztoku. Pryž, která má ve srovnání s kaučukem jen nevelký počet můstkových vazeb, bobtná v otravných látkách a v jiných

organických rozpouštědlech ohraničeně. Ebonit, který obsahuje kolem 30 % síry, a který má velké množství příčných vazeb, není rozpustný a nebobtná v libovolných rozpouštědlech.

Vliv krystalické struktury polymeru ba rozpustnost je prostudována méně. Získané výsledky však ukazují, že polymery s krystalickou strukturou bobtnají a rozpouští se hůře, než polymery amorfni. Srovnání vlivu krystalizace je možné dokumentovat pouze na polymerech různých typů. Syntetický kaučuk s amorfni strukturou je dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. Polyethylen, jehož struktura je převážně krystalická, je rozpustný jen v n-hexanu při zahřívání. Teflon se svojí krystalickou strukturou je nerozpustný v libovolných rozpouštědlech. Snížení rozpustnosti polymerů v závislosti na zvětšení „krystalicity“ jejich struktury je možné objasnit tím, že k rozrušení mezimolekulárních vazeb v přísně orientovaných makromolekulách s velkou molekulovou hmotností je třeba dodat značné množství energie.

Teplota má velký vliv jak na velikost bobtnavosti, tak i na kinetiku rozpouštění. Podstata tohoto vlivu spočívá v tom, že se změnou teploty se podstatně mění koeficient difúze kapaliny v polymerní (bariérové) vrstvě tkaniny. Zvýšení koeficientu difúze se zvýšením teploty se vysvětluje tím, že se zvyšuje kinetická energie molekul kapaliny a polymeru. Molekuly kapaliny mají velkou zásobu energie, která jim umožňuje překonat odpor makromolekul. Ve stejném okamžiku se v elementárních řetězcích zvětšuje frekvence tepelných a valenčních kmitů, což vede ke zvětšení pravděpodobnosti vytváření „děr“, které umožňují pronikání kapaliny.

V souladu s touto teorií je možné předpokládat, že velikost difúzních molekul bude mít podstatný vliv jak na rychlost bobtnání polymerů, tak i na rychlost pronikání kapalin přes fólie těchto materiálů.

Pokud provedeme např. srovnání molárních objemů bojových chemických látek, které jsou uvedeny v tabulce 6.2, potom vidíme, že yperit a lewisit mají nejmenší hodnoty molárního objemu.

Tabulka 6.2 Srovnání molárních objemů bojových chemických látek

Bojová chemická látka	Molární hmotnost BCHL [g.mol <sup>-1</sup> ]	Hustota BCHL [g.cm <sup>-3</sup> ]	Molární objem BCHL [cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> ]
α- lewisit	207,3	1,88	110
Yperit	159,0	1,27	125
Sarin	140,0	1,09	128
Tabun	162,1	1,08	151
Soman	182,0	1,04	175
VX	~ 200,-	~ 1,00	~ 200

Z tabulky vyplývá, že u yperitu a lewisitu je možné očekávat největší pronikavost přes izolační ochranné fólie. Podobné závislosti budou platit i u jiných kapalin.

Běžný uživatel však nemusí a zpravidla ani nezná uvedená teoretická východiska. Přesto by měl znát některé užité vlastnosti, které by ho měly orientovat při výběru oděvu. Příslušné normy ke konstrukci ochranných oděvů uvádí celou řadu požadavků, které musí oděvy splňovat. Pro představu se jedná o:

- odolnost proti oděru (použití brusného papíru 00, vyjadřuje se počet cyklů, třída 1 až 6);
- tepelná stabilita (odolnost proti lepivosti, třída 1 a 2);
- odolnost proti ohybu (počet cyklů, třída 1 až 5);

- odolnost proti proděravění (tlak speciálního tělesa, [N], třída 1 až 5)
- pevnost v dalším trhání (po osnově a útku, [N], třída 1 až 5);
- soudržnost vrstveného materiálu ( $[N \cdot m^{-1}]$ , třída 1 až 5);
- odolnost proti propustnosti (permeaci) kapalin ([min], třída 1 až 6);
- pevnost švů ([N], třída 1 až 5);
- další požadavky vyplývají z charakteru oděvu (např. má-li zorník, je nutno testovat podle příslušných norem i zorník).

Z hlediska uživatele má velký význam znalost hodnot odolnosti proti propustnosti (permeaci) kapalin. Materiál, ze kterého je zhotoven protichemický oděv musí být klasifikován podle úrovní provedení daných v tabulce pro každou zkoušenou chemikálii a výsledky musí být uvedeny v návodu k použití výrobce (Tab. 6.3.).

Tabulka 6.3 Klasifikace odolnosti proti propustnosti (permeaci)

Třída	Rezistenční doba [min]
6	> 480
5	> 240
4	> 120
3	> 60
2	> 30
1	> 10

Ochranné izolační fólie používané ke zhotovování ochranných oděvů mohou mít nosnou tkaninu nebo mohou být samonosné. Na nosnou tkaninu, která je zpravidla polyamidová nebo polyesterová, jsou nanášeny z jedné strany nebo oboustranně různé polymerní materiály. I polymery mohou být postupně nanášeny v jedné nebo ve více vrstvách. Jako příklad je možné uvést izolační ochranné fólie s nosnou polyamidovou tkaninou, na které je nanášena vrstva butylkaučuku, chloroprenového kaučuku, PVC, či butylkaučuku, který je ještě překryt vrstvou materiálu Viton<sup>®</sup>. Značné množství oděvů je zhotoveno ze samonosných izolačních ochranných fólií. Poměrně hojně je využívána izolační ochranná fólie jejíž základ tvoří netkaná textilie Tyvek<sup>®</sup>, na kterou je oboustranně nanášeno několik vrstev různých bariérových materiálů blíže nespecifikovaného složení. Jako bariérový materiál na textilií Tyvek je uváděn i polypropylén či fluorované polymery. Je uváděna i fólie z polyethylenu, na kterou je nanášena bariérová vrstva z polyamidu či fólie z polyethylenu s oboustranně nanášenou vrstvou ethylvinylalkoholu. Jako konstrukční materiál je samostatně uváděno PVC, neoprén či chlorovaný polyethylen. Bylo zjištěno, že současné odolné materiály mohou být tvořeny až sedmi vrstvami různých polymerních materiálů při zachování vysoké pevnosti a nízké plošné hmotnosti, přičemž nanášení jednotlivých vrstev může být uskutečněno pod různými úhly.

K ochraně rukou jsou používány rukavice s vysokými hodnotami rezistenčních dob. Vzhledem ke skutečnosti, že ochranné rukavice musí co možná nejvíce zachovat citlivost rukou pro ovládání nejrůznějších zařízení či pomůcek, je výběr rezistenčních materiálů poměrně omezen. Často je jako konstrukční materiál rukavic udáván butylkaučuk, nitril, neoprén či PVC. Ochranné rukavice jsou však zhotovovány i z bariérových materiálů, někdy ze stejných, z kterých je vyroben i ochranný oděv.



Nejmenší množství informací u popisu oděvů je možné nalézt o ochranných přezůvkách. V případě návleků je jako konstrukční materiál zpravidla užit stejný materiál jako u ostatních částí oděvu. Jsou-li k ochraně nohou užity holínky, bývají velmi často z PVC. U oděvů pro průmyslové použití pak bývá do špičky holínek vložena ocelová výztuž.

Ochrana povrchu těla je při zásahu v kontaminovaném prostředí velmi důležitá. Proto znalost základních faktorů, které ovlivňují výběr ochranného oděvu, který by účinně chránil při předpokládaných rizicích je nutnou podmínkou. Na trhu je značné množství prostředků ochrany povrchu těla s nejrůznějšími vlastnostmi a cenou. Adekvátně zvolená ochrana, založená na znalosti toxických vlastností látek a ochranných vlastností prostředku ochrany povrchu těla může i při vynaložení malých nákladů zabezpečit ochranu osob. Platí to i naopak.

### **Doporučená literatura**

ČSN EN 340 Ochranné oděvy. Všeobecné požadavky (83 2701)

### **Klíčová slova**

Ochranný oděv, protichemický ochranný oděv, protichemický ochranný oblek, plynotěsný oblek, penetrace, permeace, rezistenční doba

### **Kontrolní otázky**

1. Co je ochranný oděv?
2. Jak mohou být rozděleny ochranné oděvy?
3. Co je penetrace?
4. Co je permeace?
5. Které základní faktory ovlivňují průnik (permeaci) škodlivin přes materiál oděvu.

## 7 Nástroje používané k vyhodnocení úniku nebezpečných toxických látek

S rostoucí spotřebou chemických výrobků roste i potřeba jejich výroby. To nese nutnost přepravy a výroby chemických výrobků či poloproduktů. Nákupení jakéhokoliv většího množství chemických výrobků pak nepochybně vede k nutnosti zabývat se myšlenkou, co by se stalo v případě jejich úniku či havárie přepravních či výrobních zařízení nebo zásobníků s těmito produkty. Je pochopitelné, že podobnou myšlenku je třeba klást si i v případě možné destrukce přepravního či výrobního (skladového) zařízení v případě teroristického útoku (to je však jiná kapitola). Proto je potřeba znát množství skladovaných či vyráběných chemických produktů a zabývat se možnými dopady při jejich úniku, ať už je příčina jakákoliv.

Samotná myšlenka a potřeba vyhodnocování chemické situace, jehož cílem je předpovědět dopad havárie či úniku na obyvatelstvo, zvířata či na infrastrukturu je stará. Je pochopitelné, že vyhodnocování chemické situace bylo charakteristické zejména pro armádu, která disponovala relativně jednoduchým mechanismem vyhodnocení účinku otravných či jaderných zbraní na jednotky v zájmovém prostoru. Potřebné tabulky a mechanismy vyhodnocení byly uvedeny v předpisu Chem-51-8 „Vyhodnocení chemické situace“. Pro potřeby vyhodnocení průmyslových toxických látek bylo již v roce 1981 vydána pomůcka Civilní obrany CO-51-5 „Provozní havárie s výronem nebezpečných škodlivin“. Tato pomůcka (dnes již překonaná) obsahovala 12 hlavních toxických průmyslových škodlivin a bylo možné podle ní provádět tabulkové vyhodnocení havarijních dopadů po úniku nebezpečných průmyslových látek. Je zajímavým faktem, že Slovenská republika tuto pomůcku v polovině 90. let přepracovala a zahrнула ji do své legislativy. Pomůcka CO-51-5 uváděla mezi hlavními nebezpečnými toxickými látkami následující – chlor, amoniak, fosgen, kyanovodík, oxid siřičitý, sirouhlik, sulfán, chlorovodík, fluorovodík a formaldehyd. Je pochopitelné, že pomůcky používané armádou byly určeny zejména pro okamžité a rychlé vyhodnocení a varování jednotek před nebezpečím. Jestliže však vezmeme v úvahu reálnou situaci, pak řada měst a obcí v České republice má na svém území nebo v jeho okolí velké množství provozů či zásobníků toxických látek, či je možné jejich výskyt ve městech a obcích očekávat. Jako příklad mohou být uvedeny zásobníky amoniaku v chladicích zařízeních zimních stadionů či potravinářských provozů, které jsou navíc často umístěny ve středech měst, nebo cisterny s chemickými látkami, které je možné často vidět na nádražích velkých měst. Samozřejmě ve velkých chemických provozech je možné nalézt zásobníky v podstatě čehokoliv. Všechny tato zásobníky jsou nebo mohou být velmi zranitelné a často jsou špatně hlídané či lehce přístupné. Zejména u stálých zařízeních je potřeba znát možná rizika úniku a mít zpracovaný havarijní režim pro varování obyvatelstva, jeho ochranu a likvidaci události.

K řešení jakékoliv havárie jsou nutné informace o škodlivině či škodlivinách, které jsou v daném zařízení skladovány nebo vyráběny. Existuje celá řada literatury, která přináší informace o chemických látkách či přípravcích. I zde jsou však informace mnohdy kusé a je potřeba prostudovat značné množství zdrojů k získání celkového obrazu o škodlivině tzn. o vlastnostech, dekontaminaci, první pomoci atd. Prvotním a zároveň nejvýznamnějším zdrojem informací o všech nebezpečných látkách či přípravcích je tzv. bezpečnostní list nebezpečné chemické látky. Jeho obsah je předepsán zákonem č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a dále je rozepsán v prováděcích vyhláškách. Bezpečnostní list obsahuje celkem 16 stanovených a přesně požadovaných položek:

- identifikace látky nebo přípravku a výrobce (název, účel použití, výrobce, toxikologické informační centrum),

- informace o složení látky nebo přípravku,
- údaje o nebezpečnosti látky nebo přípravku,
- pokyny pro první pomoc,
- pokyny pro hasební zásah,
- opatření pro případ havarijního úniku,
- pokyny pro zacházení a skladování,
- kontrola expozice a ochrana osob,
- fyzikální a chemické vlastnosti,
- stabilita a reaktivita,
- toxikologické informace,
- ekologické informace,
- informace o zneškodnění,
- informace pro přepravu,
- informace o právních předpisech,
- další informace.

Podle rozsahu znalostí o konkrétní chemické látce či přípravku pak bezpečnostní list čítá 7 až 12 stran někdy velmi odborného textu s množstvím údajů o dané látce.

Proces tvorby prevence závažných havárií stanovují evropské směrnice SEVESO I (1982) a SEVESO II (1996). Aplikace těchto směrnic v České republice a jejich zavedení do technické praxe bylo provedeno zákony České republiky č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií a č. 349/2004 Sb., o prevenci závažných havárií (úplné znění zákona). Bohužel ani po 11 letech od vydání směrnice SEVESO II nebyla tato závazná norma doplněna žádnou určenou nebo doporučenou metodou pro analýzu rizika, či nějakým vhodným softwarovým nástrojem. Evropská unie vydala několik metodických průvodců (guidelines), které však mají jen doporučující charakter a nejsou pro státy Evropské unie závazné.

Podle české legislativy je nutné analyzovat a hodnotit havarijní dopady na osoby, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek. Volba metody analýzy rizik je podle české legislativy na zpracovateli analýzy rizik. To způsobuje, že není možné mezi sebou porovnat jednotlivé zdroje rizika. Je pochopitelné, že každý potenciaální zdroj rizika jiným způsobem ohrožuje své okolí. Je to dáno jednak charakterem zdroje z jedné strany a vnějšími faktory na straně druhé. Srovnání zdrojů podle jednotné metodiky by však umožnilo lepší zmapování potenciaálních rizik a přijímání adekvátních opatření v rámci prevence.

Není pochyb o tom, že je nezbytně nutné provádět modelování (předpověď) různých havarijních nebo teroristických dopadů úniku toxických látek z výrobních, skladovacích či přepravních kapacit. Tato potřeba vyplývá jednak ze samotného zákona o prevenci závažných havárií, protože se požaduje modelování havarijních dopadů, které se dostanou především „za hranici podniku“. Zde je jasné, že modelování havarijních dopadů musí provést samotný provozovatel, případně odborná firma, kterou si provozovatel na tuto práci najme.

Další potřeba, která vyplývá ze stejného zákona, je potřeba analyzovat havarijní (teroristické) dopady správními úřady, které jsou v České republice povinny provádět „informovanost obyvatelstva (občanů)“ v nejbližším okolí takového provozovatele, jehož havarijní následky přesáhnou „hranici podniku“ a mohou tak ohrozit nebo i zasáhnout občany mimo areál podniku. Vzhledem k tomu, že není stanovena žádná norma, jsou

výpočty a stanovování prováděny podle různých modelů a různými nástroji. Mezi odborníky v této oblasti se dokonce objevuje názor, že by bylo vhodné stanovit pro modelování havarijních dopadů závažných chemických havárií příslušnou ČSN. To by bezesporu napomohlo i složkám Integrovaného záchranného systému, které nutně potřebují provádět „aktuální modelování havarijních dopadů“ v době reálně probíhající chemické (průmyslové) havárie (teroristického útoku). Takovéto havárie jsou často doprovázeny nedostatkem informací o dané havárii, tzn. co uniklo, v jakém množství, jaké jsou podmínky v daném prostoru atd., a navíc zcela jasně probíhají ve značných stresových podmínkách. Je třeba říci, že vhodný modelovací nástroj a jeho rychlé a správné použití může vytvořit předpoklady pro přijetí řady opatření, která mohou zachránit stovky lidských životů v závislosti na druhu a rozsahu havarijní události.

Je třeba zdůraznit, že tabulkové vyhodnocování, které je charakteristické pro předpis Chem-51-8 nebo pomůcku CO-51-5 je dávno překonané a je možná vhodné do polních podmínek, kdy není po ruce jiný vhodnější nástroj. V současné době je nezbytně nutné používat moderní počítačové programy, které nejenže umožní vyhodnocování chemické situace, ale doprovodné knihovny mohou dát další nezbytné informace o vlastnostech škodliviny (hořlavost, jedovatost, výbušnost, nebezpečí pro životní prostředí, možnost ochrany, dekontaminace, první pomoc atd.).

Existuje celá řada vysoce kvalitních počítačových modelovacích programů, které mají kromě pozitiv i pro normálního uživatele jistá negativa – jsou zpravidla zahraniční provenience, jejich cena je zpravidla značná, často bývají v jistém režimu utajeni a dozvědět se o jejich existenci bývá obtížné. Z programů, které existují v zahraničí je možné uvést: ALOHA (USA), EFECTS (Nizozemí), DAMAGE (Nizozemí), PHAST (UK), SAVE (Nizozemí), DOW INDEX MODEL FOR TOXIC (USA), CHARM (USA), DEGADIS (USA), HEGADAS (UK), DENZ/CRUNCH (UK), HASTE (USA), TRACE (USA), DRIFT (UK), NBC WARNING (Dánsko), NBC ANALYSIS (Dánsko), H-PACK (USA).

Jen pro zajímavost, základem současného vyhodnocení chemické (biologické, radiační) situace v AČR je norma STANAG 2103 a na ní navazující standard NATO ATP-45C s využitím SW produktů NBC WARNING a nověji NBC ANALYSIS. Tyto normy umožňují poměrně jednoduše vyhodnotit, pro potřeby varování, radiační, chemickou a biologickou situace a na základě toho varovat jednotky v zájmových prostorech. Je třeba říci, že vyhodnocení biologické situace je utajováno, stejně jako vzpomenující program NBC ANALYSIS.

Ze softwarových produktů na našem trhu je možné získat program s označením TerEx (Teroristický Expert) společnosti T-SOFT s. r. o. Program je určen pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů, zejména při teroristickém zneužití. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na geografický informační systém pro přímé zobrazení výsledků na mapách. Byl navržen pro operativní použití jednotkami IZS při zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatelstva. Je využitelný přímo na místě nebo operačním důstojníkem v řídicím středisku. Je vhodný pro analýzu rizika při plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku vstupních informací. Předpověď vždy odpovídá maximálně možným dopadům a následkům na okolí tzn. nejhorších variant. TerEx nabízí čtyři základní havarijní situace:

1. Model typu TOXI – vyhodnocují dosah a tvar oblaku, které jsou dány koncentrací toxické látky.
2. Modely typu UVCE – vyhodnocují dosah působení vzdušné rázové vlny vyvolané detonací směsi látky se vzduchem pro modely s jednotlivými druhy havárií:  
u modelu PLUME:

- déletrvající únik plynu do oblaku,
  - déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku,
  - pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku,  
druhy havárie modelu PUFF:
  - jednorázový únik plynu do oblaku,
  - jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku.
3. Modely typu FLASH FIRE – vyhodnocují velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou – efekt Flash Fire:
- BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem,
  - JET FIRE – déletrvající masivní únik plynu se zahořením,
  - POOL FIRE – hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.
4. Model typu TEROR – vyhodnocuje možné dopady detonace výbušných systémů, založených na kondenzované fázi, použité s cílem ohrožení okolí detonace.

Bohužel ani firemní materiály neříkají, jak daný program pracuje s reálnými meteorologickými daty, které jsou samozřejmě pro odhad ohrožení osob a další šíření rozhodující.

Z dalších programů nabízí společnost T-SOFT s. r. o. produkt NBC Warning!<sup>TM</sup>, který je určen pro vyhodnocení situace při použití ZHN, bohužel podle staršího systému NATO ATP-45 A. Systém umožňuje zakres situace do mapového podkladu a vypracovává zprávu pro varování. Produkt pracuje s rychlostí větru a jeho směrem. U škodliviny pak bere v úvahu zda-li se jedná o těkavou látku nebo látku stálou. Dále nabízí program ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere). Program je určen pro zjišťování následků úniku nebezpečné látky. Obsahuje databázi nejčastěji používaných chemických látek a jejich fyzikálně-chemických vlastností. Výsledkem výpočtu je jednoduchý průmět předpokládané hranice zraňující či smrtelné koncentrace v terénu. Výsledek je možné zobrazit v 3-D modelu. Kromě zakresu je výsledkem i zpráva o charakteru kontaminace.

Chtěl bych upozornit, že žádný model vyhodnocování chemické situace není vhodný pro všechny účely. Model či modely představují pouze jednu součást jakéhokoliv analytického nebo rozhodovacího procesu. Výběr analytického nástroje je nutné učinit v kontextu rozhodovacího procesu, který má nástroj podporovat, přičemž skutečná efektivita jakéhokoliv modulu začíná u vstupních dat nebo u jejich zdroje. Má-li model reprezentovat událost jako je chemická havárie, je pro to podstatná znalost takové události. Klíčové pro předpověď jsou nutné především následující informace:

- meteorologické podmínky (teplota vzduchu a půdy, vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, oblačnost, stratifikace atmosféry),
- geografické podmínky a terén (charakter terénu, jeho pokrytost, případně znalosti urbanistického charakteru),
- druh chemické látky a její stav (druh, skupenství, množství),
- druh úniku a jeho rychlost, doba trvání úniku.

Kritickým faktorem, který vede k nejistotě nebo neurčitosti v modelech jsou omezená nebo nepřesná či chybějící data o dávce látky jejímuž působení je člověk vystaven. Všechny modely jsou charakteristické neurčitostí a nepřesností výstupů modelu.

Modelování chemické situace spočívá ve správném kombinování meteorologických a rozptylových modelů. Pro modely užívané např. v armádách pak musí být modely spojeny s využitím dostupných globálních zdrojů dat pro hodnocení možného rozptylu nebezpečných látek.

Meteorologické modely umožňují simulovat vliv počasí ve specifických zájmových prostorech aproximací globálních a lokálních obrazů počasí. Lokální obraz počasí, založený na obrazu z globálního modelu, dává možnost předpovídat místní meteorologické vlivy v blízkém okolí uvolnění látky.

Disperzní modely umožňují simulovat to jak se látky v atmosféře při předpokládaných lokálních meteorologických podmínkách pohybují a difundují.

Kombinace modelů s informacemi charakterizujícími zdroj látky umožní předpovídat jak se látka může v ovzduší rozptylovat.

Výše uvedené má velký vliv na pochopení užitečnosti jednotlivých produktů. Obecně platí, že jestli má produkt možnost pracovat s meteorologickými daty bude předpověď přesnější. Nejpresnější modely pak zpravidla pracují s okamžitými meteorologickými daty, tj. daty v prostoru chemické havárie a s využitím informací o charakteru terénu, tj. přímo s mapovými podklady místa události. Pro vyhodnocení vlivu na obyvatelstvo by měl přesný model obsahovat i informace o hustotě osídlení. Z uvedeného je tedy zřejmé, že přesné modely pracující s aktuálními meteorologickými daty, s topografickými podklady, s rozptylovými modely a s demografickými údaji budou vyžadovat relativně výkonné nástroje pro zpracování informací a budou zpravidla hodně drahé. Navíc, pro získání aktuálních meteorologických dat je nutné buď vybudovat příslušnou síť čidel s možností využití okamžitých hodnot v příslušném vyhodnocovacím programu či zabezpečit zjištění aktuální situace prostřednictvím pozorovatelů. Připusťme, že druhý způsob je méně operativní a vhodný spíše pro armádní účely.

Ze zahraničních produktů, které jsou využitelné v civilním sektoru je možné uvést automatizovaný softwarový systém H-PAC (Hazard Prediction and Assessment Capability). Je to produkt organizace Ministerstva obrany USA s názvem DTRA (Defense Threat Reduction Agency). Produkt poskytuje uživateli prostředky pro předpovídání vlivu výronu nebezpečných látek do atmosféry a možných dopadů takové události na obyvatelstvo nebo na bojové jednotky v terénu. Systém využívá předpovědi počasí s vysokým rozlišením a analýzu přesunů vzdušných mas pro modelování nebezpečných prostorů vzniklých na základě průmyslových havárií či vojenských nebo teroristických incidentů. Kromě chemických havárií umožňuje předpovídat prostory, které se stanou nebezpečnými v důsledku úniku radioaktivních látek při havárii jaderných elektráren či při použití jaderných zbraní. Pro relevantní předpověď vyžaduje program zajištění včasných a presných meteorologických dat vztahujících se k zájmovému prostoru. H-PAC umožňuje uživateli poměrně dobrý přístup jak k předpovědním datům, tak i k datům o stavu počasí v reálném čase tzn. z výsledků pozorování. Systém H-PAC v sobě obsahuje rovněž historická klimatologická a meteorologická data pro použití v případech. Kdy pracuje s plánovanými incidenty za rámcem normálního času nevázanými na věrohodné předpovědní data o počasí. H-PAC podporuje řadu různých metod začlenění meteorologických dat a model může být provozován i v režimu

reálného času. Model lze normálně provozovat na běžném osobním PC. Výstup je v podobě stopy s udáním stupně spolehlivosti předpovědi.

Softwarový produkt CATS (Consequences Assessment Tool Set) je balík programů vyvinutý společností SAIC pro organizaci DTRA. Tento produkt v sobě zahrnuje produkt H-PAC a kritická data o populaci a infrastruktuře na daném území. Používá komerčně dostupný geografický informační systém GIS. Program může být užít pro:

- předpověď tvaru nebezpečných prostorů vzniklých zemětřesením, hurikány nebo chemickými, biologickými, radiologickými nebo jadernými událostmi nebo výbuchy,
- hodnocení přímých a nepřímých důsledků vyvolaných uvedenými událostmi na vojenské objekty a na průmyslová a jiná civilní zařízení,
- odhady výsledných ztrát a škod na objektech, zařízeních, zdrojích a infrastruktuře,
- tvorbu strategií pro zmírnění následků v rámci podpory bojové činnosti civilními orgány.

Pro přesné výpočty a předpověď musí být přístup ke třem typům meteorologických dat – historickým údajům o počasí (klimatologii), předpovědím počasí (numerickým meteorologickým předpovědím) a údajům o aktuální meteorologické situaci (pozorování). Pro rychlý přehled o události se využívají okna, která odpovídají na otázky „Co?“, „Kde?“, „Kdy?“ a „Pocasi“. Otázka „Co?“ je členěna na podtypy jaderné zbraně, radiologické zbraně, bojové chemické látky, bojové biologické látky, toxické průmyslové látky a silné výbušniny.

Produkt umožňuje kombinovat vlastní (lokální) data s daty ze vzdálených nebo z externích zdrojů. Umožňuje vytvářet různé scénáře. Je možný rozsáhlý výběr kombinací nebezpečí, kdy prostředky hodnocení umožňují následné generování hlášení. Nástroje pro hodnocení nebezpečí úniku průmyslových toxických látek je aktualizován podle „Emergency Response Guidebook“, který je přijat i jako standard NATO. Produkt je možné integrovat i s utajovanými daty.

Produkt NBC-ANALYSIS dánské firmy Bruhn-Newtech A/V, Soeborg, která je výhradně zastoupena pro Českou republiku společností AURA s. r. o. Brno je systémem rizikového managementu pro analýzu nebezpečí při použití ZHN. Obsahuje rovněž modul k vyhodnocení tzv. nebojových incidentů způsobených únikem radioaktivních látek a průmyslových toxických látek. Program umožňuje základní výpočet situace, sepsání zprávy pro varování, zobrazení situace na mapovém podkladu, používání elektronické příručky ERG-2000 (Emergency Response Guidebook), určení dávek a vývoje dávek látek v čase. Vlastní produkt je utajován a z uvedeného důvodu se omezím jen na uvedené informace.

Dánská společnost Bruhn-Newtech A/V odvodila od produktu NBC-ANALYSIS variantu pro ozbrojené síly Velké Británie pod označením BRACIS (Biological, Radiological and Chemical Information System). Kromě bojových událostí NBC produkt umožňuje pracovat i s událostmi, které jsou spojeny s únikem nebezpečných látek (označovány v souladu s NATO jako ROTA).

Produkt NBC Warning!<sup>TM</sup> je softwarový produkt americké firmy Essential Technologies Inc. V České republice je výhradně T-SOFT s. r. o. Praha, která je převedla do českého jazyka a o kterém bylo řečeno výše. K tomuto produktu je třeba poznamenat, že i když může být autonomní a je možné ho používat samostatně, ve

skutečnosti je jedním z produktů v hierarchii struktury softwarových produktů jejímž vrcholem je „softwarová kniha EIS/GEM InfoBook™. Její součástí je rodina modulů informačního systému Essential EH&S™ (Environmental, Health & Safety) pokrývajícího potřeby celých organizací pro řízení v krizových situacích. V EIS/GEM InfoBook™ se integruje celá řada softwarových produktů pro modelování:

- NBC Warning!™,
- ALOHA™ - aerodisperzní model,
- Blast!™ – program pro modelování výbuchů,
- CHARM – disperzní model pro uniklé chemické látky umožňující zahrnout vertikální průniky a přetlaky při výbuchu s třírozměrným zobrazením,
- PHAST™ - plánování scénářů při chemických únicích,
- TRACE™ - předpovědní chemický disperzní model pro řešení úloh v reálném čase,
- CATS™ - předpovídání důsledků výbuchů, úniků NBC, působení nebezpečných materiálů a důsledků přírodních katastrof.

Produkt NBC-RPM (Nuclear, Biological, Chemical Reporting, Plotting and Modeling) americké firmy OptiMetrics Inc. Je modulem softwarového systému H-PAC. Může být však použit jako samostatný produkt. Produkt je však určen výhradně pro ozbrojené síly s typickými výslednými produkty v podobě zakresu a zpráv v požadovaném formátu podle ATP-45B. Komerčně dostupný produkt odvozený od NBC-RPN je NBCWaRN (Nuclear, Biological and Chemical Warning and Reporting Network). Jedná se o produkt, který je v plném souladu s posledními verzemi NATO ATP-45 a AEG-45 Change 1. Je v něm zajištěna bezproblémová podpora modelovacích softwarových systémů H-PAC a VLSTRACK (používaný námořnictvem USA). Produkt je možné upravit podle požadavků zákazníka a je připraven k interakci s běžnými automatizovanými systémy velení a řízení a s ostatními systémy, které ctí základní a mezinárodní standardy. Může být provozován na jak samostatném počítači, tak i v síti.

Celou dobu přednášky zde prolíná informace o vyhodnocení chemické situace v souladu s normou NATO ATP-45C. Chtěl bych říci, že se jedná o poměrně jednoduchý systém vyhodnocení chemické situace a varování. Tento systém umožňuje vyhodnotit chemickou, radiační a biologickou situaci. Poslední, tedy biologická část je utajovaná. Vyhodnocení chemické situace je značně jednoduché. Pro vyhodnocení jsou látky rozděleny na dvě skupiny – stálé a prchavé. Tato skutečnost, spolu s rychlostí a směrem větru, stratifikací atmosféry a druhem použitého prostředku ovlivňují výsledek zakresu. Typ látky spolu s teplotou vzduchu ještě určuje předpokládanou dobu kontaminace terénu a tím i dobu, po kterou je třeba používat prostředky individuální ochrany. Podle druhu použité látky se napadení rozlišuje na skupinu A – pro látky prchavé a na skupinu B – pro látky stálé. U skupiny A jsou rozeznávány dva případy zakresu, které určuje rychlost větru. Je-li rychlost větru  $\leq 10$  km/hod jedná se o případ 1 vyjádřený kruhovým zákresem o poloměru 10 km, je-li rychlost větru  $> 10$  km/hod, pak má zakres charakter kruhové výseče o délce, která je určována na základě stratifikace atmosféry, tedy hranice je určována podle toho, je-li inverze, izotermie nebo konvekce. Při nejméně příznivých podmínkách může být délka stopy až 50 km od centra výbuchu (Attack Area).

U stálých látek bude zakres závislý na druhu použitého prostředku napadení, který vymezuje poloměr tzv. Attack Area. Ta může mít poloměr 1 nebo 2 km. Rychlost větru pak vymezuje dva typy zakresů. Při rychlosti větru  $\leq 10$  km/hod je zakres vždy kruhový o poloměru 10 km, je-li rychlost  $> 10$  km/hod má zakres tvar



kruhové výseče, jehož délka je však 10 km. U tohoto typu, tedy kruhových výsečí, ovlivňuje směr větru osu pásma kontaminace. Kruhové výseče mají celkový úhel rozevření 60°. Jejich konstrukce je velmi jednoduchá – zakreslí se prostor útoku (např. křížkem), podle typu prostředku napadení se zakreslí velikost tzv. Attack Area (1 nebo 2 km) tj. kružnice se stanoveným poloměrem. Podle směru větru se nakreslí osa, která probíhá středem Attack Area. Osa se protáhne na obě strany. Poté se v místě protnutí kružnice vymezující oblast Attack Area a osy stopy přenesou na opačnou stranu poloměr Attack Area, čímž vznikne pomocný bod. Poté se z pomocného bodu spustí dvě tečny ke kružnici vymezující Attack Area. Ze středu Attack Area se v závislosti na měřítku mapy vyznačí hranice 10 km a k ose stopy se zakreslí kolmice, která protne tečny. Ohraničený prostor pak vymezuje pásmo kontaminace. Na základě vyhodnocení se v požadovaném formátu sepiše zpráva s označením NBC 3 CHEM určená k varování jednotek. Výhoda tohoto systému spočívá v jeho jednoduchosti, nevýhoda pak v malé přesnosti. Vzhledem ke skutečnosti, že existují další mechanismy pro varování jednotek a k tomu, že každý voják má u sebe neustále prostředky individuální ochrany, je daný systém pro okamžité použití dostatečný.

Programy pro vyhodnocení chemické situace se liší svojí přesností, která je dána jednak přesností rozptylových algoritmů a jednak jejich napojením na další moduly, které zohledňují počasí, vliv terénu nebo demografické charakteristiky v daném prostoru. Využití těchto modelů pro praxi umožnil především rozvoj osobních PC a jejich možné propojení s dalšími datovými zdroji. Žádný modul však není univerzální a rozhodující slovo bude mít člověk. Velkou nevýhodou uvedených programů je poměrně značná cena.

### **Použitá literatura a zdroje**

MIKA, Otakar. *Nutnost modelování následků chemického terorismu*. Pardubice: ISATech 2005, 12 s.

<http://www.tsoft.cz>

<http://www.dtra.mil>

<http://www.bruhn-newtech.com>

<http://www.bruhn-newtech.co.uk>

<http://www.newtech.dk>

### **Klíčová slova**

ATP-45B, ALOHA, EFECTS, DAMAGE, PHAST, SAVE, DOW INDEX MODEL FOR TOXIC, CHARM, DEGADIS, HEGADAS, DENZ/CRUNCH, HASTE, TRACE, DRIFT, NBC WARNING, NBC ANALYSIS, HPAK.

### **Kontrolní otázky**

1. Proč jsou vytvářeny programy k vyhodnocení úniku škodlivin?
2. Jaký mají programy pro vyhodnocení praktický význam?
3. Vyjmenujte některé produkty, které je možné získat na trhu a stručně je charakterizujte.

## 8 Rozbor některých havárií a hrozeb

Historie velkých tragédií v minulosti je úzce spojena především s hornictvím, kde docházelo k závalům a často k výbuchům důlních plynů. Pro přehled mohou být uvedena největší důlní neštěstí minulého století:

- 20. 5. 1919 – výbuch plynu na dole Nová jáma, Ostrava – 94 mrtvých;
- 4. 10. 1950 – výbuch metanu na dole Michálka, Ostrava – Michálkovice – 36 mrtvých;
- 28. 8. 1958 – otrava dýmem, důl Makaszowy, Polsko – 762 mrtvých;
- 22. 2. 1960 – výbuch plynu, důl Karel Marx, Zwickau, Německo – 132 mrtvých;
- 7. 2. 1962 – výbuch plynu, důl Luisenthal, Německo - 299 mrtvých;
- 11. 5. 1995 – důl Vaal Reef s u Orkney, Jihoafrická republika – asi 100 mrtvých;
- 4. 4. 1998 – výbuch metanu, Doněck, Ukrajina – 63 mrtvých;
- 11. 3. 2000 – výbuch metanu, důl Barakova, Krasnodon, Ukrajina – 82 mrtvých.

Jakkoliv jsou tato neštěstí tragická je nutno říci, že rozsah katastrofy byl omezen jen na území dolu a kromě horníků nebyly usmrceny jiné osoby.

První použití látek, které dnes označujeme za průmyslové toxické látky, k všeobecnému zabíjení osob bylo provedeno 22. dubna 1915 německou armádou, na úseku severně od Ypres mezi osadami Bikschote a Langemarkem. Chemický útok začal v šest hodin večer a plnou silou zasáhl části 87. francouzské teritoriální divize, 45. koloniální divize (tvořené většinou Alžířany) a 90. brigády. Celkem 180 tun chloru vytvořilo 6 km široký souvislý oblak, proti kterému byli francouzští vojáci bezmocní.

Profesor Julius Meyer ve své knize *Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe* uvádí autentické svědectví z pera anglického chemického specialisty kapitána S. J. M. Aulda: „Kdo umí popsat pocity a stav barevných jednotek (pozn. koloniálních), které vidí, jak se ze zemského povrchu vynořil ohromný mrak zeleno žlutého plynu a zvolna se pohyboval s větrem, jak se pára přilepila k zemi, vnikala do každé díry a každého vyhloubení, a jak naplnila příkopy po granátech. Nejprve úžas, potom úlek! Poté, co je zahalilo čelo oblaku a začali kašlat a zápasit ve smrtelném strachu o vzduch, vzniká panika. Kdo se mohl pohybovat, utrl se a utíkal, a většinou marně zkoušel uniknout oblaku, jenž ho pronásledoval.

První francouzské zprávy udávaly 15 000 zasažených a 5 000 mrtvých, britská statistika hovoří o 7 000 zasažených, z toho 350 mrtvých. Někteří autoři tyto údaje bagatelizovali. Například Rudolf Hanslian v roce 1937 uvedl, že do německého lazaretu bylo převezeno jenom 200 otrávených francouzských vojáků, z nichž 12 zemřelo. Studie Stockholmského mezinárodního institutu pro výzkum míru (Stockholm International Peace Research Institute, SIPRI) z roku 1971 udává 7 000 zasažených a 3 000 mrtvých. Jisté je, že zpráva o úspěchu chemického útoku vyvolala v císařském hlavním stanu nadšení. Císař Vilém II. údajně objal generála Falkenhayna a přislíbil láhev šampaňského. Naopak do dějin armád Dohody vstoupila tato událost jako černý den u Ypres. 22. duben 1915 je prvním zdokumentovaným pokusem o skutečně masovém nasazení otravných látek a tento den je možné označit za počátek chemické války.

Chlor však nebyl jedinou látkou používanou na bojištích I. světové války a je třeba rovněž říci, že otravné látky byly nakonec používány oběma bojujícími stranami. Dne 31. května 1915 byl v půl třetí ráno zahájen německý útok u Bolimova na řece Bzura, když bylo v úsek širokém dvanáct kilometrů na ruské postavení vypuštěno 12 000 plynových láhví, které obsahovaly směs chloru a fosgenu. Útok si vyžádal 1 101 mrtvých a 8

934 otrávených vojáků. Objemový poměr chloru a fosgenu činil 95:5 později se ustálil na 60:40 v zimních podmínkách a 40:60 v letních podmínkách. Britská armáda například používala následující látky chlor (100 %, označeno červenou hvězdou), směs chloru a chloridu sirného (poměr 80 : 20, modrá hvězda), směs chloru s fosgenem (bílá hvězda, 50 : 50), směs chloru s chlorpikrinem (žlutá hvězda, 70 : 30), směs sulfánu s chlorpikrinem (zelená hvězda, 35 : 65) a směs sulfánu se sirouhlikiem (2 červené hvězdy, 90 : 10). Za celou válku provedla britská armáda asi 150 chemických útoků. Pro použití jako otravné látky její odborníci vyzkoušeli 147 látek.

Francouzská armáda začala se svými vlnovými útoky až v únoru 1916 a za celou dobu války jich provedla celkem dvacet. Používala láhve zhotovené ze svařených rour plněných směsí chloru s fosgenem (80 : 20), chloru s chloridem cínčitým nebo čistým fosgenem.

Rusové provedli několik vlnových útoků až v roce 1917, jejich výsledek však vzhledem k nevyhovujícímu materiálně technickému a organizačnímu zabezpečení nebyl pro velení carské armády uspokojivý.

Později s vývojem chemické munice byly používány i další látky jako směs kyanovodíku s chloridem arzenitým (1. 7. 1916, Francie), difenylchlorarzin (10. 7. 1917, Německo) či směs difenylchlorarzinu, fosgenu a difosgenu v poměru 10:60:30.

Nová etapa nastala dne 12. 7. 1917, kdy u města Ypres (Belgie) byla použita látka, která podle místa použití dostala název Yperit.

Za I. světové války bylo vyrobeno celkem 180 000 tun otravných látek. Z tohoto množství jich bylo užito 125 000 tun. Celkové ztráty způsobené otravnými látkami představovaly asi 1,3 milionu osob z nichž asi 100 000 zemřelo (4,63 % všech mrtvých a raněných).

Daleko horší následky pro civilní obyvatelstvo měly tři události – útok sarinem v tokijském metru v roce 1995, únik toxických látek v indickém Bhópálu v roce 1984 a v městečku Meda, které leží blízko Sevesa, v roce 1976. Jestliže útok sarinem byl teroristickou akcí nemající v mírovém životě obdoby, pak úniky chemikálií byly selháním lidského činitele a v případě Bhópálu pak ukázkou bezostyšné honby za ziskem při porušení všech myslitelných bezpečnostních opatření.

## **8.1 Útok v tokijském metru sektou Óm širikjó**

Na úvod je třeba poznamenat, že útok v tokijském metru byl výsledkem absolutního náboženského fanatismu a slepé oddanosti členů sekty jejímu vůdci Asaharovi. Útok však nebyl výsledkem okamžité reakce, ale cíleně připravovanou akcí.

Je známo, že již počátkem 90. let stoupenci sekty Óm širikjó (Nejvyšší pravda Om) provedli obchodní cesty do Ruska a USA, aby tam nakoupili technologie pro výrobu konvenčních, chemických a jaderných zbraní. Existují rovněž důkazy, že se sekta zabývala i vývojem biologických zbraní. Vůdce náboženské sekty Asahara předpověděl ve svém učení konec světa, a když se jeho předpověď nesplnila, rozhodli se předáci sekty v čele s Asaharou přivodit konec světa sami. Útok na tokijské metro byl tak počátkem jejich cesty za podivnou vizí a tragickým naplněním jejich náboženského směřování.

Sekta se nechala inspirovat lavinou zpravodajských informací z války v Perském zálivu v roce 1991, a ve svém sídle v Kamikuišiki severně od hory Fudži vybuďovala speciální laboratoř Santian 7 pro výrobu nejúčinnějších typů bojových chemických látek. Technologie byla získána pravděpodobně v Rusku nebo ve Spojených státech. Sekta však připravovala i výrobu biologických látek a podle informací amerického Senátu

z 31. října 1995 uvažovala o útocích biologickými látkami s použitím botulotoxinu, kultur antraxu nebo kultur viru Ebola. Vir Ebola chtěla získat už v roce 1992 v době epidemie Eboly v africkém Zairu. Pro své cíle však nakonec sekta (v dubnu 1993) vybrala nervově-paralytickou látku sarin z důvodu jeho vysoké letality a snadné výroby. Sarin syntetizovala v roce 1993 a ve stejném roce jej otestovala na ovcích na farmě ležící asi šest set padesát kilometrů severovýchodně od Perthu v Austrálii. Současně však byly prováděny pokusy, jejichž výsledkem měla být syntéza dalších bojových chemických látek jako VX, tabun a yperit. Sarin byl připraven vedoucím chemické skupiny sekty Masami Cučijjou.

První velký test na lidech byl proveden 27. června 1994 v horském městě Macumoto v prefektuře Nagano, které je vzdáleno asi šedesát kilometrů od Kamikuišiki. Cílem testu bylo otestovat speciální rozstříkovací zařízení pro aplikaci bojových chemických látek a kontaminovat budovu oblastního soudu. Útočníci si před útokem nejdříve navzájem aplikovali antidota a nasadily protichemické obleky a poté spustili zařízení. V důsledku změny směru větru však útočníci zpanikařili a vypustili sarin do volného prostoru. V důsledku útoku zemřelo 7 osob a podle některých zdrojů bylo zasaženo asi 200 osob (podle jiných až 500 osob). Vyšetřování probíhalo značně liknavě a příčina otravy byla známá až za dva týdny.

Pro sektu se stal sarin doslova kultovní látkou, kterou chtěla vyrábět v masovém měřítku. Jestliže počátkem listopadu 1993 se podařilo sektě vyrobit asi 20 gramů látky, během měsíce už to bylo více než 30 kg a jejich cílem bylo vyrábět 2 tuny sarinu denně. K tomu byla i vybavována výrobní linka, která byla plně počítačově řízena a celý proces byl vysoce sofistikován. K výrobě sekta nakoupila asi 90 tun methanolu, 50 tun diethylanilinu, 180 tun chloridu fosforitého, 550 kilogramů jodu, 950 kilogramů chloridu fosforečného, 54 tun fluoridu sodného a 51 tun isopropanolu. Policie zabavila asi 160 kovových nádob s peptonem (sekundární protein), kdy každý sud měl obsah 18 l. Pro zajímavost – v univerzitním prostředí se spotřebuje asi 1 l této látky ročně.

Útoku na tokijské metro byla věnována mimořádná pozornost. V noci 19. března 1995 bylo vyrobeno asi 10 kg sarinu, který byl značně nečistý. Ačkoliv bylo vůdci sekty oznámeno, že produkt nedosahuje požadované kvality, byl schválen pro použití, což později pravděpodobně zachránilo hodně lidských životů. Jak ukázalo později policejní vyšetřování, použitý sarin dosahoval asi 30 % koncentrace účinné látky, i když by se v laboratorních podmínkách dala připravit látka o čistotě pohybující se okolo 95 %. I samotné znečištění sarinu mělo později velký význam, protože znečištěný sarin zapáchal, což ukázalo na přítomnost nějaké chemické látky. Čistý produkt je téměř bez zápachu a proto by bylo v prvních okamžicích po útoku obtížné určit příčinu zasažení osob.

Samotný útok byl proveden 20. března velmi primitivním způsobem. Pět členů sekty s aplikovaným antidotem umístilo do vlakových souprav celkem 11 více než půlkilových pečlivě zatavených igelitových sáčků s 30 % sarinem zabalených do novin. Bylo rozhodnuto o jejich umístění na třech trasách metra, hlavních tepnách, které procházejí stanicí Kasumigaseki. Útok byl proveden v době ranní špičky v metru, kdy jsou prostory metra zcela přeplněny lidmi, především státními úředníky, kteří cestují do svých úřadů v centru Tokia. Všem členům sekty se podařilo vypustit sarin pomocí zaostřených hrotů deštníků v rozmezí několika minut (mezi 8:00 a 8:10) a rychle zmizet.

Únik bojové chemické látky, byť mizerné kvality a aplikovaný ne příliš vhodným způsobem, měl na cestující v podzemní dráze ničivý účinek. Zemřelo 11 osob; 12. osoba zemřela později v důsledku účinku látky.

Oficiální počet zraněných (zasažených) byl 3938, ačkoliv japonské úřady přiznaly, že více než 5 000 osob vyhledalo ošetření v prvních 24 hodinách po útoku.

Je třeba říci, že sekta měla za sebou velké množství útoků nejrůznějšími látkami na různé cíle (tabulka 8.1.)

Tabulka 8.1 Přehled útoků sekty Óm šinrikjó pomocí biologických a chemických zbraní

Datum	Místo	Látka	Zranění	Cíl	Domnělý motiv
Duben 1990	Centrální Tokio	Botulotoxin	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Duben 1990	Yokohama	Botulotoxin	Není záznam	U. S. námořní základna	Důkaz prorocství
Duben 1990	Yokohama	Botulotoxin	Není záznam	U. S. námořní základna	Důkaz prorocství
Duben 1990	Narita	Botulotoxin	Není záznam	Tokijské letiště	Důkaz prorocství
Červen 1993	Tokio	Botulotoxin	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Konec června 1993	Tokio	Antrax	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Červenec 1993	Tokio	Antrax	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Červenec 1993	Tokio	Antrax	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Červenec 1993	Tokio	Antrax	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Důkaz prorocství
Polovina listopadu 1993	Tokio	Sarin	Není záznam	Náboženská skupina	Likvidace konkurenční skupiny
Polovina prosince 1993	Tokio	Sarin	Jeden zraněný	Náboženská skupina	Likvidace konkurenční skupiny
Konec 1993 nebo začátek 1994	Prefektura Yamanashi	Sarin	Jeden zraněný	Obhájce	Likvidace protivníka
27. června 1994	Matsumoto	Sarin	Sedm mrtvých, 144 zraněných	Soudci	Zastavení nepříznivého rozhodnutí soudu
2. prosinec 1994	Tokio	VX	Jeden zraněný	Důchodce	Likvidace protivníka
12. prosince 1994	Ósaka	VX	Jeden mrtvý	Úředník	Likvidace protivníka
Leden 1994	Tokio	VX	Jeden zraněný	Anti-Óm aktivisté	Likvidace protivníka
Březen 1995	Tokijské metro	Botulotoxin	Není záznam	Policie/civilní obyvatelstvo	Zastavení policejního vyšetřování, vyvolání zmatku
20. březen 1995	Tokijské metro	Sarin	11 zemřelo, více než 5 000 zasaženo	Policie/civilní obyvatelstvo	Zastavení policejního vyšetřování, vyvolání zmatku
5. květen 1995	Tokijské metro	Kyanovodík	Čtyři zranění	Civilní obyvatelstvo	Vyvolání zmatku
4. červenec 1995	Tokijské metro	Kyanovodík	Není záznam	Civilní obyvatelstvo	Vyvolání zmatku

Po útoku byla provedena celá řada opatření ať již v samotném metru, tak v systému ochrany a prevence. Řady národní policie byly rozšířeny o několik tisíc nových policistů, byly zmodernizovány lékařské postupy zavedené pro případ otravy otravnými látkami či průmyslovými škodlivinami. V samotném metru bylo nainstalováno asi sedm set nových kamer kontrolujících nástupiště, hasičské jednotky metra dostaly speciální přístroje pro detekci bojových chemických látek a jsou pravidelně procvičovány v potřebných činnostech.

## 8.2 Havárie v Bhópálu

V noci z 2. na 3. prosince 1984 došlo, podle vyjádření odborníků, k největší havárii v historii chemických provozů v chemickém závodě, který patřil americké firmě Union Carbide (dnes součást DOW Chemicals). Chemička se specializovala na výrobu pesticidů. Při běžné operaci vniklo větší množství vody do tanku, v němž byl skladován methylisokyanát. To vyvolalo bouřlivou reakci, která byla příčinou prudkého nárůstu teploty a tlaku. Do okolí uniklo více než 40 tun methylisokyanátu, kyanovodíku a dalších smrtelně nebezpečných plynů. Protože poplašné zařízení bylo vypnuto, nikdo nebyl varován.

Účinek jedů na lidi žijící v okolí chemičky byl strašný. Mnozí lidé zemřeli v domovech, jiní se osleplí vypotáceli ze svých domovů, dusili se a zemřeli na ulici. Mnoho lidí zemřelo v centrech první pomoci a v nemocnici. Prvními akutními příznaky otravy byly zvracení a pocity pálení v očích, v nose a v krku. Ke smrti většinou docházelo z důvodu respiračního selhání. U mnoha lidí způsobilo smrt křečovitě stažení dýchacích cest. U některých došlo k zahlcení plic tekutinou, možná jako důsledek otoku plic. U obětí, které nehodu přežily, prokázaly lékařské studie neurologické symptomy zahrnující bolesti hlavy, poruchy rovnováhy, depresi, únavu, vyčerpání, podrážděnost, ale také poškození a abnormality trávicí trubice, pohybového aparátu, imunitního systému atd.

V listopadu 1989 byl počet obětí, které zemřely na následky havárie, oficiálně odhadován na 3 589. V říjnu zvýšila indická vláda odhad mrtvých na 3 828; mrtvých však bylo podstatně více. Jen během prvních měsíců 1985 měl bhópálský patolog provést 4 950 pitev a ve svém hlášení uvedl, že havárie si vyžádala celkem 4 136 mrtvých. Další lidé však umírali na následky poškození. V říjnu 1995 byl počet obětí odhadován už na 7575. Odhaduje se, že na následky havárie zemřelo celkem asi 16000 lidí a dalších 500 000 lidí bylo vážně postiženo. Uvádí se, že ještě dnes umírají lidé na následky havárie a přibližně 150 000 jich potřebuje akutní lékařskou péči.

Snad jen pro doplnění. V roce 1989 se indická vláda rozhodla přistoupit na mimosoudní vyrovnání ve výši 470 mil. dolarů. Výplata odškodnění tak činila 270 až 530 dolarů na osobu.

## 8.3 Havárie v italském Sevesu

Chemička ICMESA (Industrie Chimiche Meda Società) byla ve vlastnictví Givaudan S. A. v Ženevě, která patřila do skupiny Roche od roku 1963. Továrna se nachází na území městečka Meda, které leží blízko Sevesa, asi 15 km severně od Milána. Továrna vyráběla produkty pro kosmetický a farmaceutický průmysl a rovněž, od roku 1969 a pak ještě intenzivněji v 70. letech, 2,4,5-trichlorfenol (TCP), toxickou nehořlavou látku používanou při syntéze herbicidů.

TCP byl vyráběn při exotermické reakci při teplotách mezi 150-160 °C. Při dlouhodobějším překročení vyšší teploty však může proběhnout řada chemických reakcí, včetně reakcí, které vedou k výrobě nečistého 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-*p*-dioxinu (TCDD), který je zjednodušeně nazýván dioxin. Dioxin je tedy nežádoucí produkt při alkalické hydrolyze tetrachlorbenzenu methanolickým roztokem hydroxidu sodného na 2,4,5-tetrachlorfenol. Je to mimořádně nebezpečná velmi toxická a stálá látka.

V sobotu 10 července 1976 (12:37) došlo k úniku chemikálií v důsledku narušení průběhu chemické reakce. Došlo k prudkému zvýšení teploty a tlaku a tyto skutečnosti byly příčinou úniku chemikálií z expanzní komory a přes pojistný ventil do ovzduší. Vysoká teplota a tlak (uvádí se 250 °C a 0,4 MPa) přeměnily chemikálie v páru, která po styku s chladným vzduchem zkondenzovala za vzniku bílého oblaku. Oblak byl unášen větrem rychlostí

asi  $5 \text{ m.s}^{-1}$  jihovýchodním směrem od chemičky. Vytvořila se stopa asi 6 km dlouhá. Emise dopadly na plochu asi 1810 hektarů správních oblastí Seveso, Meda, Desio, Cesano, Madeno. Názory na množství dioxinu uniklého do ovzduší se liší a podle zpráv mohlo uniknout od 300 g do 130 kg (podle jiných údajů od 100 g do 20 kg). Celkové množství chemikálií uniklých do ovzduší bylo přibližně 3000 kg.

Po úniku si lidé začali všimnout, že hromadně hyne drobné ptactvo. U osob se začaly objevovat první příznaky v podobě lézí na kůži, jako výsledku kontaktu s množstvím látek, které byly obsaženy v toxickém oblaku, a chlorakné, která byla výsledkem účinku chlorovaných uhlovodíků. Akné byla manifestována malými bouličkami (otoky) a cystami na tvářích a za ušima. Umíralo velké množství drobné zvěře, především králíků. Až téměř po dvou týdnech po úniku bylo objeveno, že příčinou potíží byl dioxin.

Zasažené území bylo rozděleno podle stupně kontaminace půdy na zóny. Zóna A byla nejvíce kontaminovanou oblastí, která zahrnovala 87,3 hektarů. Žilo na ní 706 obyvatel a koncentrace dioxinu se pohybovala v rozmezí  $580,4 - 15,5 \mu\text{g.m}^{-2}$ . Zóna B – druhá nejvíce kontaminovaná oblast – měla rozlohu 269,4 ha a žilo na ní 4613 obyvatel. Koncentrace TCDD v této zóně ležela v rozmezí  $4,3 - 1,7 \mu\text{g.m}^{-2}$ . Zóna R – nejméně kontaminovaná měla rozlohu 1430 ha, žilo na ní 30 774 obyvatel a koncentrace TCDD se pohybovala v rozmezí  $1,4 - 0,9 \mu\text{g.m}^{-2}$ .

Přibližně 37 000 lidí bylo zasaženo dioxinem. Přibližně 4 % zvířat na farmách zemřelo a asi 80 000 zvířat bylo utraceno k zabránění přenosu jedovatých látek potravním řetězcem.

Byla přijata opatření k dekontaminačním pracím a k sanaci celého prostoru. Například v zóně A byla kompletně odstraněna a uložena vrstva půdy do hloubky 40 cm a zbořeny nebo dekontaminovány budovy. Z této zóny bylo vytěženo asi 300 000  $\text{m}^3$  kontaminovaného materiálu, který byl uložen v blízkosti havárie. Později byl na nejvíce zasaženém území vysázen dubový les. Ze zón B a R bylo odstraněno 7 cm půdy.

Zóna A byla plně evakuována a v podstatě do ní byl zakázán přístup. V zóně B byla nařízena intenzivní hygienická opatření, bylo zakázáno chovat zvířata a pěstovat zeleninu, byla doporučena zdrženlivost početí, byly denně vyváženy těhotné ženy a děti do 12 let, byla omezena rychlost projíždějících vozidel na 30 km/h k zabránění víření prachu, bylo doporučeno opatrné vyprazdňování nádobek vysavačů a zakázán lov po dobu 8 let.

V zóně R byla nařízena intenzivní hygienická opatření, bylo zakázáno chovat zvířata a pěstovat zeleninu, domácí zvířata musela být krmena krmivem získaným mimo zóny A, B a R a byl zakázán lov po dobu 8 let.

Nemá dále význam rozebírat všechna opatření. Domnívám se, že nejucelenější informace o incidentu a zejména o všech opatřeních, která byla činěna je možné nalézt na adrese:

#### **Doporučená literatura a použité zdroje**

PITSCHMANN, Vladimír. *Historie chemické války*. Praha: Military system Line, s. r. o., 1999. 172 s. ISBN 80-902669-0-8.

TRUCKER, Jonathan, B. *Toxic Terror. Assessing Terrorist Use of Chemical and Biological Weapons*. Cambridge: MIT Press 2000. 303 s. ISBN 0-262-20128-3

BRACKETT, D., W. *Svatý teror armageddon v Tokiu*. Praha: Mladá fronta 1998. 208 s. ISBN 80-204-0669-7

<http://www.flanet.org/download/publications/idossier/sevesouk.pdf>

<http://www.astrolot.cz/databaze/nespru.htm>

[http://www.mvcr.cz/2003/casopisy/112/0412/mika\\_info.html](http://www.mvcr.cz/2003/casopisy/112/0412/mika_info.html)

**Klíčová slova**

Havárie, Óm širikjó, Bhópál, Seveso, sarin, sekta, antrax

**Kontrolní otázky**

1. Jaké byly základní příčiny havárií v Sevesu a Bhópálu?
2. Jaké jsou příčiny teroristického útoku v Tokiu?



## 9 Dýchací přístroje určené k úniku z nebezpečných prostorů

Ochranné prostředky dýchacích orgánů jak filtračního, tak izolačního typu zahrnují přístroje, které jsou určeny k úniku z nebezpečných prostorů. V kategorii filtračních dýchacích přístrojů jsou přístroje k úniku z nebezpečných prostorů zahrnuty do skupiny přístrojů sebezáchranných, v kategorii izolačních dýchacích přístrojů pak tyto přístroje vytváří samostatnou skupiny pod souhrnným označením „únikové přístroje“ [1].

Norma ČSN EN 132 [2] definuje **únikový dýchací přístroj** je ochranný prostředek dýchacích orgánů konstruovaný pouze pro použití během úniku z prostoru s nebezpečným ovzduším. Jsou to tedy přístroje, které zabezpečují v definovaných podmínkách ochranu před určitým okruhem kontaminantů, jejich primárním určením však není zabezpečení podmínek pro dlouhodobý pobyt, ale vytvoření podmínek k úniku z takovýchto prostorů, tedy pro relativně krátkodobý pobyt v kontaminovaném prostředí.

### 9.1 Dýchací přístroje určené k úniku z nebezpečných prostorů filtračního typu – sebezáchranné přístroje

Sebezáchranné přístroje rozděljuje norma ČSN EN 133 [1] na dvě skupiny – na sebezáchranné filtrační dýchací přístroje, které jsou dále specifikovány v ČSN EN 404 [3], a na únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni, dále rozpracované v ČSN EN 403 [4].

#### 9.1.1 Sebezáchranné filtrační dýchací přístroje

**Sebezáchranný filtrační dýchací přístroj** je ochranný prostředek dýchacích orgánů pro sebezáchranu umístěný ve vhodném pouzdru, který je určen pro ochranu před oxidem uhelnatým. Přístroj je závislý na okolním ovzduší a neposkytuje ochranu v ovzduší s nedostatečným množstvím kyslíku (méně jak 17 obj. %).

Sebezáchranný filtrační dýchací přístroj tvoří ventilová komora s ústenkou a filtr. Ventilová komora s ústenkou filtračního dýchacího přístroje je připojena přímo nebo nepřímo k filtru či k filtrům.

Podle ČSN EN 404 [3] mohou být přístroje různých tříd, které jsou stanoveny podle minimální doby použití (Tab. 1).

Tab. 1 Třídy filtračních sebezáchranných dýchacích přístrojů

Třída	Minimální doba použití
FSR 1 A, FSR 1B	60 min
FSR 2A, FSR 2 B	75 min
FSR 3A, FSR 3B	90 min
FSR 4 A, FSR 4B	120 min

Pozn.: Doba použití v reálných podmínkách může být odlišná od minimální doby použití, která byla zjištěna za laboratorních podmínek.  
Typ A je určen pro minutovou ventilaci 30 l/min; typ B 35 l/min.

### 9.1.2 Únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni (kukla s protikouřovým filtrem)

Únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni (kukla s protikouřovým filtrem) jsou ochranné prostředky dýchacích orgánů určené pouze pro únik. Funkce je založena na filtraci nasávaného vzduchu z okolního ovzduší. Hlava je chráněna kuklou odolnou proti ohni. Prostředek je zkráceně nazýván kukla proti ohni [4].

Kompletní přístroj se skládá z lícnicové části opatřené kombinovaným filtrem a, je-li to nezbytné, z vhodného balení. Přístroj není navržen pro jakékoliv demontáže či montáže prováděné uživatelem. Lícnicovou částí únikového filtračního dýchacího přístroje s kuklou proti ohni může být samotná kukla nebo obličejová maska, polomaska, čtvrtmaska nebo ústenka připojená ke kukle. Kombinovaný filtr je připojen k lícnicové části a není vyměnitelný bez použití nástrojů.

Přístroje jsou rozděleny na dva typy – přístroje určené pro nošení osobami jsou označeny jako třída „M“ a přístroje pro stacionární uložení jako třída „S“.

## 9.2 Dýchací přístroje určené k úniku z nebezpečných prostorů izolačního typu – únikové přístroje

Únikové přístroje byly novelizací normy ČSN EN 133 [1] z roku 2002 zařazeny do kategorie izolačních dýchacích přístrojů. V souladu s touto normou se jedná o kategorii autonomních dýchacích přístrojů, které mohou být konstruovány s otevřeným nebo uzavřeným dýchacím okruhem.

Únikové autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem zahrnují dva typy – autonomní dýchací přístroje na tlakový vzduch s otevřeným okruhem a plicní automatikou s obličejovou maskou nebo ústenkou (ČSN EN 402) a autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a s kuklou (únikový přístroj s tlakovým vzduchem a s kuklou) (ČSN EN 1146).

Únikové autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem zahrnují tři typy – typ D přístroj s tlakovým kyslíkem, typ K přístroj s chemicky vyvíjeným kyslíkem ( $KO_2$ ) a typ C přístroj s chemicky vyvíjeným kyslíkem ( $NaClO_3$ ).

### 9.2.1 Únikové autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem

Únikové autonomní dýchací sebezáchrané přístroje na tlakový vzduch s otevřeným okruhem a plicní automatikou s obličejovou maskou nebo ústenkou jsou určeny pouze pro únik. Jsou navrhovány a konstruovány tak, aby umožňovaly nositeli dýchat vzduch dle požadavku z tlakové nádoby (nebo tlakových nádob) buď prostřednictvím redukčního ventilu a plicní automatiky nebo prostřednictvím plicní automatiky připojené na lícnicovou část. Jak už název přístroje napovídá, obličejovou částí musí být buď obličejová maska nebo ústenka. Vydechovaný vzduch prochází bez recirkulace z lícnicové části přes vydechovaný ventil do okolního ovzduší. Tyto přístroje mohou být rozděleny podle jmenovité doby užívání, která je definována výsledkem zkoušky na umělých plicích při minutové ventilaci 35 l/min (20 zdvihů/min, zdvihový objem 1,75 l). Jmenovitá doba

používání se udává v minutách a je definována v krocích po 5 minutách. Přístroje by měly bezchybně pracovat v teplotním rozmezí -15 až 60 °C. Požadavky na tyto přístroje jsou stanoveny ČSN EN 402 [6] z října 2003.

Únikové autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a s kuklou (únikové přístroje s tlakovým vzduchem a kuklou) jsou konstruovány a sestaveny tak, že umožňují uživateli dýchat vzduch dodávaný kontinuálně do vhodné kukly z vysokotlaké láhve či láhvi. Vydechovaný a přebytečný vzduch uniká bez recirkulace z kukly vydechovacím ventilem (pokud je součástí) do vnější atmosféry. Únikové přístroje s tlakovým vzduchem a s kuklou se rozdělují podle jmenovité doby použití, která je rozdělena do stupňů po 5 minutách. Požadavky na tyto přístroje jsou dány ČSN EN 1146 z března 1998 [7] a změnami A1, A2 [8] a A3 [9] k této normě. Významná je zejména změna A3, která připouští, že kukla může být určena k vícenásobnému použití.

### 9.2.2 Únikové autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem

Únikové autonomní dýchací přístroje s uzavřeným okruhem se liší podle toho, zda-li je kyslík vyvíjen při chemické reakci ( $\text{KO}_2$  nebo  $\text{NaClO}_3$ ) nebo je součástí přístroje tlaková láhev s kyslíkem. Únikový kyslíkový přístroj je navržen tak, aby vydechované vzdušiny byly vydechovány z lícnicové části do okruhu, v kterém je pohlcovač  $\text{CO}_2$  a dýchací vak. Regenerovaný plyn je pak určen k opětovnému dýchání. Pohlcovač obsahuje chemikálie, které pohlcují oxid uhličitý, a v případě  $\text{KO}_2$  rovněž vlhkost, a generují kyslík. V případě přístroje s  $\text{NaClO}_3$  je zdrojem kyslíku chlorečnanová vložka, která generuje potřebný kyslík. V případě přístroje s tlakovým kyslíkem je kyslík dodáván do okruhu ve vhodném místě prostřednictvím zařízení pro konstantní dávkování nebo plicní automatikou a nebo vhodnou kombinací obou. K přístrojům může být připojena obličejová maska nebo ústenka. Přístroj s tlakovým kyslíkem je opatřen plicní automatikou a musí být vybaven obličejovou maskou.

Podle zdroje kyslíku jsou přístroje rozděleny na typ C s  $\text{NaClO}_3$ , typ D s tlakovým kyslíkem a typ K s  $\text{KO}_2$ . Každý typ přístrojů je zařazen do třídy podle jmenovité doby použití, která je určována laboratorní zkouškou na umělých plicích při minutové ventilaci  $35 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Jmenovitá doba použití je rozdělena do stupňů po 5 minutách až do 30 minut včetně a potom dělena od této hodnoty stupňovitě po 10 minutách [10].

Přístroje musí správně pracovat při teplotách od -5 °C do +60 °C a musí splnit požadavky na koncentraci kyslíku, koncentraci oxidu uhličitého a dýchací odpor. Technické požadavky na celou skupinu přístrojů jsou uvedeny v ČSN EN 13794 [10].

### 9.3 Dýchací přístroje určené k úniku z prostorů kontaminovaných bojovými chemickými, biologickými nebo radioaktivními látkami.

Bez ohledu na platné normy, které se zabývají únikovými prostředky a konstrukčními požadavky na ně kladenými, celá řada společností vytvořila prostředky, které jsou určeny pro únik z prostředí kontaminovaného bojovými chemickými, biologickými nebo radioaktivními látkami. Tyto prostředky mohou chránit před je dním

typem kontaminantu, či zajišťují ochranu před více typy kontaminantů. Poměrně značný počet takovýchto přístrojů se odlišuje od požadavků norem zejména v tom, že má vyměnitelný filtr, přičemž výměna je možná bez použití nástrojů. To svědčí o tom, že se s největší pravděpodobností vytváří zcela nová kategorie prostředků, která využívá přednosti prostředků únikových, jejichž konstrukce však doznala změn, které jsou způsobeny, či vynuceny charakterem škodlivin vůči kterým mají tyto prostředky chránit. Zcela zákonitě se základním ochranným prostředkem k ochraně osob před kontaminanty, jako jsou bojové chemické látky (případně chemické látky obecně), staly únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni. Je to pochopitelné, protože kromě možnosti použití účinného filtru je to zejména kukla, která tím, že pokrývá hlavu a chrání tak i oči, vytváří významný předpoklad pro přežití osob v kontaminovaném prostředí. Navíc, kukla má velkou přednost tím, že je možné ji použít osobami s velmi rozdílnou velikostí obličeje nebo hlavy nebo jejich tvaru, či osobami používajícími brýle, mající plnovous nebo dlouhé vlasy. Tato přednost je dána skutečností, že těsnicí linie kapuce je zabezpečena krční těsnicí manžetou a přizpůsobení, respektive upevnění kapuce na hlavě, je možné provést pomocí vnějších upínacích (přizpůsobovacích) pásků nebo není potřebné, zejména u kukel z velmi lehkých materiálů a při použití speciálních filtrů, systém upevnění používat vůbec. Je pochopitelné, že odolnost těchto prostředků ochrany vůči chemickým látkám bude záviset zejména na použitých materiálech a pochopitelně i na typu použitého filtru. Velkou výhodou použití kukly jako ochranného prostředku je velmi jednoduchý střih a tím i velmi omezená možnost „zatečení“ kontaminantu do míst, kde dochází ke spojení dvou či více součástí. Další poměrně významnou výhodou je to, že použijí-li se ke konstrukci kukly chemicky odolné průhledné materiály, pak je výhled z kukly v podstatě neomezený. Rovněž použití chemicky odolných plastů k výrobě přípojek filtrů nebo vydechovacích ventilových komor činí tyto prostředky odolnými a zároveň lehkými. Velkou výhodou při použití odolných laminovaných izolačních ochranných fólií ke konstrukci kukel je jejich malá hmotnost a dobrá skladnost. To umožňuje jejich přenášení bez výrazného zatěžování osob a ukládání na místech okamžitě dostupných uživatelem prostředku, například v psacích stolech, v příručních zavazadlech atp. Velmi často je jako příslušenství únikových filtračních prostředků uváděn závěsný box na stěnu, který umožňuje uložení jednoho nebo několika prostředků v místech, kde hrozí největší nebezpečí zasažení osob. Zejména u prostředků se speciálně konstruovaným filtrem je takovéto uložení časté. Významnou předností prostředků je jejich životnost. Zpravidla je výrobcem udávána doba životnosti v původním neporušeném obalu do 10 let, přičemž minimální je uváděna zpravidla 5 let a maximální doba životnosti 12 let. U většiny prostředků tato doba znamená dobu ukládání bez nutnosti výměny jakékoliv části prostředku. Někteří výrobci však udávají, že za maximální dobu skladovatelnosti je potřeba vyměnit ve stanoveném intervalu filtr.

### **Doporučená literatura**

ČSN EN 133:2002 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Rozdělení (83 2200)

ČSN EN 132:2000 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Definice názvů a piktogramy (83 2202)

ČSN EN 404:1996 Dýchací sebezáchranné prostředky – Sebezáchranné filtrační dýchací přístroje – Požadavky, zkoušení a značení (83 2274)

ČSN EN 403:1996 Dýchací sebezáchranné prostředky – Únikové filtrační dýchací přístroje s kuklou proti ohni - Požadavky, zkoušení a značení (83 2273)

ČSN EN 143 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtry proti částicím – Požadavky, zkoušení, značení (83 2222)

ČSN EN 402:2003 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Autonomní dýchací sebezáchraný přístroj na tlakový vzduch s otevřeným okruhem a plicní automatikou s obličejovou maskou nebo ústenkou – Požadavky, zkoušení a značení (83 2272)

ČSN EN 1146:1998 Dýchací sebezáchrané prostředky – Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a kuklou (únikový přístroj s tlakovým vzduchem a s kuklou) – Požadavky, zkoušení a značení (83 2275)

ČSN EN 1146 ZMĚNA A1+A2:1999 Dýchací sebezáchrané prostředky – Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a kuklou (únikový přístroj s tlakovým vzduchem a s kuklou) – Požadavky, zkoušení a značení (83 2275)

ČSN EN 1146 ZMĚNA A3:2002 Dýchací sebezáchrané prostředky – Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem s tlakovým vzduchem a kuklou (únikový přístroj s tlakovým vzduchem a s kuklou) – Požadavky, zkoušení a značení (83 2275)

ČSN EN 13794:2003 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Únikový autonomní dýchací přístroj s uzavřeným okruhem – Požadavky, zkoušení a značení (83 2270)

ČSN EN 136 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Obličejové masky – Požadavky, zkoušení, značení (83 2210)

### **Klíčová slova**

Únikový dýchací přístroj, sebezáchraný filtrační dýchací přístroj, kukla s protikouřovým filtrem, únikový autonomní dýchací přístroj, Typ K, Typ D, Typ C

### **Kontrolní otázky**

1. Jak je možné rozdělit sebezáchrané přístroje?
2. Co je sebezáchraný dýchací přístroj?
3. Do jaké skupiny patří únikové přístroje?
4. Na jakém principu pracují únikové přístroje s uzavřeným okruhem?