

Název : Chemická havárie v Bhopálu 1984  
(Stručná případová studie)

Autor : **Ing. Otakar J. Mika, CSc.**, ISATech, s.r.o., Brno  
email: Ing.Otakar.Mika@nwt.nwt-km.cz

V historii 20. století najdeme řadu závažných chemických a radiačních havárií. Únik vysoce toxického dioxinu v severoitalském městečku SEVESO v roce 1976 inicioval mimo jiné jednání o způsobech prevence závažných havárií v podmínkách Evropské unie.

V následujících letech byly vydány v Evropské unii dvě významné směrnice zabývající se problematikou prevence závažných havárií, které nesou jméno uvedeného města a jsou obecně nejlépe známy pod označením SEVESO I z roku 1982 (82/501/EEC) a SEVESO II z roku 1996 (96/82/EC).

Také v České republice byl vydán ke konci roku 1999 zákon o prevenci závažných havárií (zákon č. 353/1999 Sb. [1]) a následně prováděcí vyhlášky počátkem roku 2000. Tímto zákonem dochází ke sladění legislativy Evropské unie s naší národní legislativou. Zákon zahrnuje nebezpečné chemické látky a chemické přípravky, které jsou v zákoně vyjmenovány, nebo mají některé nebezpečné vlastnosti dle zákona o chemických látkách – zákon č. 157/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Z působnosti zákona č. 353/1999 Sb., jsou vyloučeny vojenské objekty, skládky, doprava, přeprava v potrubích, geologické práce a hornická činnost, ionizující zařízení.

V 90. letech minulého století byly v České republice zahájeny dva významné projekty týkající se prevence závažné havárie, bezpečnosti práce, požární ochrany, atd. Výzkumný ústav bezpečnosti práce v Praze přišel s domácím projektem „Bezpečný podnik“ a ze zahraničí byl do podmínek České republiky mimo jiné aplikován také projekt „Responsible Care“, což se zpravidla volně překládá jako „odpovědné podnikání v chemickém průmyslu“. Program „Responsible Care“ je dobrovolná celosvětově přijatá a rozvíjená iniciativa chemického průmyslu zaměřená na podporu jeho udržitelného rozvoje. Iniciativa vznikla skoro před 20 lety v Kanadě a stala se opěrným kamenem činnosti chemického průmyslu pro oblast ochrany životů a zdraví lidí, bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí.

Tyto, ale i další projekty, velmi pozitivně ovlivnily úroveň „bezpečnosti“ vybraných provozovatelů. Zájemci museli splnit řadu kritérií a teprve potom jim mohl být vydán certifikát, který měl pouze časově omezenou platnost.

Kromě toho existuje, respektive zájemci plní řadu různých norem, mezi které patří především normy EN ISO, například EN ISO 9 001 (systém jakosti).

Pro úplnost je možné dodat, že kromě řady závažných chemických havárií, to bylo i několik různých závažných radiačních havárií, z nichž radiační havárie v Černobylu v dubnu 1986 představovala dosud nejrozsáhlejší radiační havárii v historii lidstva a svým rozsah a především následky znamenala skutečnou katastrofu.

Česká legislativa – konkrétně zákon o prevenci závažných havárií – uvádí řadu definic a základních pojmů, kde bychom pro níže popisovanou událost měli zvolit termín „závažná havárie“. Resortní norma s označením NN 30 0101 Chemické vojsko „Názvosloví chemického vojska“ z roku 2002 [2] uvádí i termín chemická havárie, což je „havárie (destrukce) zařízení infrastruktury určitého území, spojená s únikem průmyslových toxických látek do okolí v množství, které vážně ohrožuje osoby nebo životní prostředí“. Osobně se domnívám, že by tato definice měla obsahovat i nebezpečné chemické látky hořlavé a výbušné. Mimochodem řada nebezpečných chemických látek vykazuje všechny havarijní vlastnosti: jedovatost (toxicitu), hořlavost a výbušnost. Jako příklady mohou sloužit značně rozšířené nebezpečné průmyslové látky jako amoniak, kyanovodík, sirouhlík a mnoho dalších.

### **Bhopálská tragédie (3. 12. 1984) – stručná případová studie**

Nebezpečnou látkou, která unikla pouze z jednoho zásobníku a způsobila množství otrav a závažná poškození zdraví obyvatelstva byla látka *metylizokyanát*. Molekulová hmotnost této nebezpečné látky činí 57 (pro srovnání: vzduch má molekulovou hmotnost 29 a chlor 71). Jedná se o toxickou kapalinu s bodem varu 38<sup>0</sup> C [3]. Metodika Mezinárodní agentury pro atomovou energii s označením TECDOC –

727 (TECDOC je zkratkou pro „technický dokument“) z roku 1996 [4] označuje metylizokyanát jako „kapalinu se zvlášť vysokou toxicitou“. Chemický vzorec této nebezpečné chemické látky je  $\text{CH}_3\text{NCO}$ .

Údaje o nebezpečných chemických látkách a přípravcích je možné získat z tzv. bezpečnostních listů, což je základní dokument o nebezpečné látce, který musí výrobce dle zákonných norem připravit, zpracovat a dodávat tento zdroj informací svým zákazníkům. Celá řada bezpečnostních listů je volně dostupná na webových stránkách ministerstva zdravotnictví pod částí: „Hygiena a epidemiologie“ a dále přímo „bezpečnostní listy“ [12].

Přehled průmyslové toxikologie z roku 1986 uvádí, že při chemické havárii v Bhopálu „bylo zasaženo přes 100 000 osob a během několik dní vzniklo 2 500 obětí“ [3]. Tento informační zdroj lze považovat za velmi seriózní pramen. Obecně však platí, že údaje o počtech obětí se značně liší podle uváděného zdroje informací.

Jan Tůma ve své knize „Katastrofy techniky 20. století“ [5] udává, že 40 minut po půlnoci 3. 12. 1984 došlo k úniku metylizokyanátu ze zásobníku o zadržovací kapacitě 15 tun nebezpečné látky a že byla zamořena celková plocha o rozloze 60  $\text{km}^2$ . Podle tohoto zdroje 1 hodinu po půlnoci došlo k vyhlášení poplachu, ale část sirén nefungovala. Celkový počet obětí autor udává hodnotou 2 352 osob. Provozovatel zařízení, americká společnost United Carbide, byla žalována o náhradu škody ve výši 20 miliard dolarů pro postižené.

Třetím domácím zdrojem je článek V. Vašků o Bhopálské tragedii ve Zpravodaji Greenpeace z letošního jara [6], kde je uvedeno, že zásobník metylizokyanátu měl obsah 40 tun a došlo k úniku jak metylizokyanátu, tak i kyanovodíku. Tento autor uvádí nejvyšší počty obětí: „2 500 lidí zahynulo ihned a nebo během několika prvních hodin. Během následujících 3 dnů zemřelo na následky otravy dalších 8 000 lidí“ a celkový počet zasažených autor uvádí 520 000 lidí. Podle tohoto zdroje bylo požadováno odškodné ve výši 3 miliardy dolarů, ale nakonec dostala Indie jen 470 milionů amerických dolarů a 95% obětí vyplatila odškodné 500 dolarů na osobu.

Podle dalších dvou dříve publikovaných článků [7, 8] jsou uváděné počty smrtelných obětí celkem 3 289 a 5 000 zraněných.

Z výše uvedených citovaných zdrojů je jasně cítit značné, někdy až řádové rozdíly v uváděných číslech a faktech. Je těžké se v tom orientovat a jaká je tedy pravda? Faktem zůstává, že rozsahem obětí (osob i zvířat) a rozsahem zamoření životního prostředí se jednalo o skutečnou nejrozsáhlejší chemickou katastrofu a proto by bylo potřebné uvádět věrohodné údaje a vůbec se z daného závažného případu co možná nejvíce poučit.

Všeobecně existuje shoda v tom, že úroveň bezpečnostních opatření jak organizačního, tak i technického charakteru mohla být v roce 1984 v Indii (Bhopál) podstatně nižší, než vyžadovaly tehdejší „bezpečnostní standardy“ v USA a vyspělých zemích západní Evropy. To je pak všeobecně považováno za jednu z hlavních příčin havárie. Ale i levná pracovní síla v tzv. „třetím světě“ neboli v rozvojových zemích pak značně „zlevňuje“ výrobu. Je jasné, že jen vybudování kvalitního detekčního a monitorovacího systému pro rychlé zjištění úniku nebezpečné chemické látky je velmi nákladná záležitost, a tak bychom mohli pokračovat dále.

Jaký byl skutečný průběh nejzávažnější chemické havárie ve 20. století? Velmi seriózní a podrobné zdroje [9, 10, 11] byly využity pro zpracování následující informace, která chce poskytnout po možná nejvíce pravdivou a objektivní informaci.

Během noci z 2. na 3. prosince 1984 došlo k nejrozsáhlejší chemické havárii 20. století. Příčinou chemické havárie bylo vniknutí vody do zásobníku (lidskou chybou) se skladovaným množstvím asi 40  $\text{m}^3$  metylizokyanátu a tím byla nastartována silná exotermní reakce. Teplo způsobilo prudké zvýšení tlaku v zásobníku, což vedlo nakonec k prasknutí bezpečnostního ventilu a navíc prasklo i betonové opouzďení zásobníku. Předpokládá se, že během jedné hodiny uniklo ze zásobníku do okolí pravděpodobně množství mezi 20 – 30 tunami metylizokyanátu. Přestože únik látky do životního prostředí se stal přes 30 metrový komín, tato výška bohužel nebyla dostatečná pro bezpečné rozptýlení nebezpečné chemické látky bez významného zasažení osob.

Vysoká vlhkost vzduchu způsobila, že vypařování látky vytvořilo těžkou mlhu, která rychle klesala k zemi. Navíc byly meteorologické podmínky jasné noci značně nepříznivé pro bezpečný rozptýlení nebezpečné látky. Přízemní vrstva větru byla stabilní a rychlost větru činila 2 – 3  $\text{m/s}$ , vítr vanul různým směrem, ale jen v určité výšce. I když továrna je umístěna na okraji města (na severní straně), vítr byl směrově tak nepříznivý, že veškerou nebezpečnou chemickou látku zanesl do obydlených částí města. Uvedené meteorologické podmínky způsobily, že zamoření bylo velmi

rozsáhlé a stalo se to velmi rychle, asi během jedné hodiny. Smrtelné účinky látky byly pozorovány až do vzdálenosti 2,5 km (pro koncentraci asi 100 ppm) a závažné, ale nikoliv smrtelné následky byly pozorovány na lidech až do hloubky 4 km (koncentrace kolem 30 ppm) od zdroje zamoření. Metylizokyanát má vysokou akutní toxicitu při inhalaci. Již od koncentrace 2 ppm je nebezpečná chemická látka registrovatelná lidských čichem.

Jak již bylo řečeno, že pouze jeden zásobník s metyilizokyanátem způsobil tuto rozsáhlou chemickou havárii. Látka je velice reaktivní a používá se mimo jiné pro výrobu insekticidů. Indické město Bhopál mělo v době události 800 000 obyvatel a plná 1/3 osob byla zasažena. Konkrétně 100 000 zasažených bylo zdravotně ošetřeno, z toho 50 000 osob vyžadovalo hospitalizaci a přibližně asi 2 500 osob zemřelo po svém zasažení. Navíc chemická havárie způsobila vážné zasažení asi 7 000 zvířat z nichž kolem 1 000 kusů zemřelo.

Zdroj [11] udává poněkud větší následky a to, že bylo zasaženo 200 000 osob oblakem metyilizokyanátu (40 tun), který se vytvořil během 90 minut. 8 000 lidí zemřelo a mnoho dalších trpí po řadu let na chronické efekty uvedené nebezpečné chemické látky, jako je poškození plic a očí.

### **Závěry z případové studie chemické havárie**

Bezpečnostní opatření se zpravidla rozdělují na organizační a technická bezpečnostní opatření. Toto dělení může být účelné a užitečné, ale stejně se při jejich zvažování, navrhování a následné realizaci mnohdy různě prolínají a doplňují a jsou na sobě také pochopitelně do značné míry závislé. V tomto případě nebylo výše uvedené dělení použito.

Uvést pouze závěry z případové studie by bylo neúplné. Navíc v našich podmínkách – jak již bylo uvedeno výše – platí celá řada legislativních norem, které řeší problematiku prevence závažné havárie, ale jsou to i jiné zákony, vyhlášky a směrnice. Významné jsou také řady českých státních norem, které upravují a regulují většinu průmyslových a jiných činností. Proto jsou níže uvedena opatření, jak závěry ze stručné případové studie, tak i ustanovení platné české legislativy pro provozovatele, kteří nakládají s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky.

Opatření k přípravě a realizaci prevence a likvidace následků závažných havárií:

- Vhodnou analýzou rizika stanovit hlavní zdroje rizika v objektu nebo areálu průmyslového podniku nebo společnosti. Pokud se identifikují tzv. zdroje rizika v nepřijatelné oblasti rizika, nutno provést s těmito zdroji rizika další podrobnější analýzu rizika. Analýzy rizika musí být provedeny zkušeným týmem expertů, rovněž tak interpretaci výsledků má podat zpracovatelský tým.
- Stanovit na základě výsledků analýzy rizika další organizační bezpečnostní opatření, která sníží míru rizika nejvíce nebezpečných zdrojů rizika.
- Stanovit na základě výsledků analýzy rizika další technická bezpečnostní opatření, která sníží míru rizika nejvíce nebezpečných zdrojů rizika.
- Zpracovat a zavést bezpečnostní program prevence závažných havárií (dle zákona č. 353/1999 Sb., vyhlášky MŽP č. 8/2000 Sb.).
- Zpracovat bezpečnostní zprávu (dle zákona č. 353/1999 Sb., vyhlášky MŽP č. 8/2000 Sb.).
- Zpracovat a využívat vnitřní havarijní plán (dle zákona č. 353/1999 Sb., vyhlášky MŽP č. 8/2000 Sb.).
- Zpracovat a předat státní správě podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a pro vypracování vnějšího havarijního plánu (dle zákona č. 353/1999 Sb., vyhlášky MŽP č. 8/2000 Sb.).
- Zpracovat a udržovat v aktuálním stavu plán opatření pro případ havarijního zhoršení jakosti vod (dle zákona č. 138/1973 Sb., o vodách – vodní zákon – ve znění pozdějších předpisů).
- Stanovit kanalizační řád (dle zákona č. 138/1973 Sb., o vodách – vodní zákon – ve znění pozdějších předpisů).
- Zpracovat a využívat posouzení požárního nebezpečí (dle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů).
- Zpracovat a udržovat vodohospodářský havarijní plán.
- Trvale udržovat funkční varovné systémy a provádět jejich praktické prověrky. O cvičných prověrkách informovat obyvatelstvo v okolí provozovatele.

- Vybudovat, udržovat a pravidelně kontrolovat moderní detekční a monitorovací systém pro zjišťování přítomnosti některých vybraných nebezpečných látek, např. chlor, amoniak, kyanovodík, chlorkyan, fosgen, apod.
- Vybudovat, udržovat a pravidelně kontrolovat elektronickou požární signalizaci.
- Je-li provozovatelem zřízen vlastní hasičský záchranný sbor, provádět jeho pravidelné vzdělávání a praktické nácviky a součinnostní cvičení.
- Provést důkladné součinnostní jednání (potvrzené písemných zápisem) se všemi hlavními i dalšími složkami integrovaného záchranného systému.
- Spolupracovat se všemi zainteresovanými orgány státní správy v místě.
- Informovat okolní obyvatelstvo o konkrétních nebezpečných látkách, které se mohou při závažné havárii dostat mimo areál objektu nebo areál provozovatele.
- Vydat informační brožuru pro okolní obyvatelstvo se stručnou, ale jasnou informací o nebezpečných látkách, jejich projevech; způsobech ochrany před nimi; doporučených modelech chování ohrožených nebo zasažených osob; způsob poskytnutí první pomoci, apod.
- Provádět pravidelné informační schůzky s obyvatelstvem v okolí provozovatele.
- Spolupracovat s místními medií (tisk, rozhlas a televize).
- Vytvoření a pravidelná aktualizace vlastní webové stránky.

Některé výše uváděné dokumenty pak zahrnují řadu dalších plánů, jako příklad může sloužit vnitřní havarijný plán, který obsahuje tyto plány:

- Traumatologický plán.
- Plány individuální ochrany.
- Evakuační plány.
- Plány ukrytí zaměstnanců.
- Operativní karty zařízení.

Uvedené závěry vychází nejen z výše uvedených faktů chemické havárie v Bhopálu, ale také z platné české legislativy. Na druhé straně je možno říci, že vypracování komplexních závěrů a poučení z této dosud nejvýznamnější chemické tragédie by měl provést pracovní tým složený z různých profesí od zkušených chemických inženýrů přes toxikologické specialisty až po specialisty na problematiku zdravotnických opatření. Eventuálně by se dala tato záležitost částečně suplovat provedením workshopu za účasti výše uvedených expertů. Osobně jsem se v tomto směru písemně obrátil na Velvyslanectví Indie v České republice se žádostí o poskytnutí dostatečných informací o uvedené tragedii. Pro zájemce je možné doporučit další podkladové materiály na Internetu [13].

### Literatura

1. Zákon č. 353 /1999 Sb., zákon o prevenci závažných havárií (ze dne 9. 12. 1999).
2. Trtílek, L.: NN 30 0101 Chemické vojsko, Názvoslovná norma, Praha 2002.
3. Marhold, J.: Přehled průmyslové toxikologie, Svazek 2, Avicenum, zdravotnické nakladatelství, Praha 1986.
4. Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries (IAEA – TECDOC – 727 REV.1), IAEA, Vienna 1996.
5. Tůma, J.: Katastrofy techniky děsící 20. století, Academia, Praha 2000.
6. Vašků, V.: Bhopálská tragédie a její oběti, Greenpeace, Zpravodaj, Jaro 2003, Praha 2003.
7. Mika, O.: Chemické havárie, Zpravodaj Civilní ochrany, 1, 1998, str. 20.
8. Mika, O. – Kříž, M.: Některé potenciální zdroje extrémní kontaminace životního prostředí v míru, Vojenské rozhledy, 9, 1992, str. 102.
9. A FOA Briefing Book on Chemical Weapons – threat, effects and protection, Number 16, 1992.
10. FOI Briefing Book on Chemical Weapons – threat, effects and protection, Number 2, 2002.

### Webové stránky:

11. Webová stránka World Health Organization: [www.who.net](http://www.who.net)
12. Webová stránka Ministerstva zdravotnictví: [www.mzcr.cz](http://www.mzcr.cz)
13. Webové stránky (česky a anglicky psané), které jsou věnovány Bhopálské chemické havárii:  
[www.greenpeace.cz/bhopal/fakta.html](http://www.greenpeace.cz/bhopal/fakta.html)  
[www.bhopal.com](http://www.bhopal.com)  
[www.bhopal.net](http://www.bhopal.net)