

Závažné průmyslové havárie: rizika – bezpečnost - bilance

RNDr. Petr Skřehot

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Praha

Průmyslové havárie provázejí lidstvo od samého počátku procesu industrializace. Díky změnám, které přinesla průmyslová revoluce, došlo z výraznému posunu v organizaci práce, nástupu strojové výroby a využívání stále širšího spektra vstupních surovin. Negativa, která však tento trend s sebou přinesl, představují neustále se zvyšující nároky kladené nejen na člověka (dříve fyzické, dnes převážně psychické) ale především přírodu. S ohledem na svůj charakter se největší měrou na nežádoucích dopadech podílí bezesporu průmysl chemický. Ten dlouhodobě produkuje velká množství nejrůznějších chemických látek, z nichž mnohé jsou velmi nebezpečné (hořlavé, explozivní či toxické). Ukazuje se, že tempo nárůstu objemu produkce bude přetrvávat i ve 21. století. Kromě znečištění životního prostředí nejrůznějšími polutanty, zde současně vzniká ještě další výrazně negativní, avšak neviditelný produkt – riziko závažné havárie. Toto riziko, které je součinem pravděpodobnosti vzniku havárie a jejích následků, obvykle subjektivně vnímáme jako pocit ohrožení životů a zdraví nás samých, anebo našich blízkých, životního prostředí a majetku. Aby však ruku v ruce s tempem růstu průmyslové výroby nenarůstalo neustále také riziko, je nutné na průmysl a jeho kapitány vyvíjet stále větší tlak směřující k vyššímu zabezpečení výrobních technologií. Tím můžeme dosáhnout snížení rizika na tzv. společensky přijatelnou mez. Působit je potřeba však nejen technickými prostředky, ale také změnami v organizaci práce, zejména pak s cílem zvyšovat spolehlivost lidského faktoru (či spíše snižovat míru jeho chybování). Součástí prevence je ale také zlepšování veřejného povědomí a rozvíjení osobní zainteresovanosti občanů. Každý z nás neseme kus své vlastní odpovědnosti za prostředí, ve kterém žijeme. Kromě působení člověka samého však k neradostné bilanci zvyšujícího se rizika vzniku havárií přispívají také přírodní živly [20], zejména pak povodně, které páchají čím dál větší škody. Ne nadarmo si proto začínáme klást otázku: bude do budoucna možné tento složitý systém vzájemných vztahů nějak pozitivně ovlivnit a udržet tak bezpečnost a trvale udržitelný rozvoj?

Rozvoj chemického průmyslu

Chemický průmysl se začal rozvíjet koncem 18. století v Británii a to díky rozkvětu textilního průmyslu, který vyžadoval stále zlepšování procesu bělení a barvení látek. Postupem doby obrátil chemický průmysl svou pozornost k potřebám i ostatních průmyslových oborů, zvláště pak k rostoucí poptávce po zásadách potřebných pro výrobu mýdla, skla a v řadě jiných výrobních procesů. Těžiště inovací se v polovině 19. století přesunulo od těžké chemie k chemii organické. Podnětem k tomu nebyl ani tak specifický požadavek průmyslu, ale průkopnická práce skupiny německých

vědců, kteří objevili postupy zpracování uhlí a jeho derivátů. Významný pokrok je datován k roku 1856, kdy W.H. Perkin vyrobil z anilínu první umělé barvivo. Ve stejné době vedly práce týkající se studia vlastností celulózových materiálů k vývoji silných výbušnin jako nitrocelulózy, nitroglycerinu a dynamitu. Experimenty s tuhnutím a protlačováním celulózovitých kapalin vedly zase k výrobě prvňích plastů jako např. celuloidu a umělého hedvábí. Koncem 19. století se tyto postupy staly základnou velkého chemického průmyslu. Důležitým vedlejším produktem bylo a stále je také zvyšování množství lékařských a farmaceutických materiálů [1].

Přínosy chemického průmyslu jsou tedy neoddiskutovatelné a v dnešní době bychom si život bez jeho produktů nedovedli již představit. Ovšem chemický průmysl to nejsou jen úspěchy a moderní výdobytky, ale také již zmíněné havárie, které s sebou přinášejí mnohdy až fatální následky.

Nevětší průmyslové havárie

Černobyl (SSSR)

Za dosavadní největší průmyslovou havárií je bezesporu považována havárie v jaderné elektrárně Černobyl v tehdejší SSSR. 26.dubna roku 1986 v 1 hodinu 23 minut došlo na 4. reaktorovém bloku k těžké havárii se závažnými radiačními důsledky. Jednalo se o sérii výbuchů, přičemž nešlo o výbuchy nukleární, jak se veřejnost často mylně domnívá. První výbuch vznikl díky přetlaku v reaktoru, ve kterém teplota vlivem nekontrolovatelné štěpné reakci stoupla nad kritickou mez. Druhý výbuch, který následoval, byl způsoben iniciací vodíku vzniklého následkem reakce rozžhaveného grafitu se vzduchem, který po odvržení reaktorového víka po prvním výbuchu pronikl do vnitřku reaktoru. Bezprostředně po havárii zemřelo 31 osob (zaměstnanců elektrárny nebo hasičů), přes 140 lidí bylo zraněno a více než 100 000 evakuováno. Skutečný rozsah havárie byl zveřejněn až po několika dnech, což jen dokladovalo restudované selhání tehdejších odpovědných činitelů. Určení pozdějších následků je složité a dodnes nebyly absolutně vyčísleny. Úmrtnost populace žijící v blízkém okolí elektrárny se zvýšila až třikrát. Přes 40 000 dětí trpí nemocí štítné žlázy, dvanáctkrát se zvýšila onemocnění anémií, velmi vzrostl také výskyt leukémie. Na Ukrajině bylo touto havárií postiženo 1,5 milionů lidí včetně 250 000 dětí, v Bělorusku žije 1,2 milionů lidí na zamořeném území a asi 3,5 milionů osob v oblastech se zamořenou půdou [2].

V případě této havárie, stejně tak jako ve více než 80 % všech ostatních závažných průmyslových havárií [4,5,6], bylo na vině selhání lidského činitele – v tomto případě operátorů řídicích provoz reaktoru, kteří slepě plnili pokyny nadřazených, které byly v rozporu se schválenými bezpečnými postupy.

Bhópál (Indie)

Během noci z 2. na 3. prosince 1984 došlo k havárii v chemickém podniku v indickém Bhópálu. Příčinou bylo vniknutí vody do zásobníku obsahujícího 40 m³ methylisokyanátu, který začal okamžitě bouřlivě reagovat. Uvolněné teplo způsobilo prudké zvýšení tlaku v zásobníku, ve kterém následně vznikla ruptura. Během hodiny jí uniklo mezi 20 a 30 tunami této silně toxické látky, která vlivem vysoké vlhkosti vzduchu vytvořila těžkou mlhu, jež klesala k zemi. Tento trend nedokázal zmírnit ani 30 metrový ventilační komín, kterým se z objektu plyn do ovzduší dostával. Meteorologické podmínky byly pro rozptýlení aerosolu silně nepříznivé a shodou nešťastných okolností též vanul vítr přímo ve směru k obydleným částem města. Následky byly tragické. Zemřelo až 2 500 lidí, 50 000 osob bylo intoxikováno a úřady museli evakuovat na 200 000 lidí. Zóna mortality sahala až do vzdálenosti 2,5 km od továrny a zraňující následky se vyskytly ještě o 1,5 km dále. Chronickými potížemi vzniklými vlivem inhalace by i malého množství reaktivního methylisokyanátu trpí dodnes tisíce lidí [3].

Toulouse (Francie)

V dopoledních hodinách 21. září 2001 došlo ve výrobním závodu AZF společnosti Grande Paroisse Copany, Total Fina Elf Group, na předměstí francouzského Toulouse k jedné z největších průmyslových katastrof. Při explozi skladovaného dusičnanu amonného přišlo o život 30 lidí, přes 2 200 jich bylo zraněno a škoda na majetku dosáhla 1,5 miliardy euro. K explozi došlo ve skladišti, které sloužilo k dočasnému umístění dusičnanu amonného nižší kvality a znečištěných zbytků pocházejících z výroby hnojiv. Díky restrukturalizaci podniku manipulovaly s látkou ve skladišti tři různé firmy. Pracovník žádné z nich v okamžiku výbuchu našťěstí v prostoru skladu nebyl. Podle počátečních zjištění se množství uskladněného dusičnanu pohybovalo mezi 300 a 400 tunami. Pozdějším vyšetřováním se pak dospělo k hodnotám mezi 390 a 450 tunami [7]. Skutečné příčiny této havárie dodnes nebyly dostatečně objasněny.

Povodně

Povodně jsou přirozeným jevem, jejímž příčinám obvykle nelze předcházet. Lidská činnost sice přispívá prostřednictvím příslušných protipovodňových ochranných opatření ke zmírňování jejich následků, avšak objektivně bylo potvrzeno, že člověk svou činností pravděpodobnost jejich výskytu neustále zvyšuje. Díky tomu se zvyšují také škody jimi způsobené. Ačkoli se může zdát, že povodně nemají příliš společného s haváriemi v chemickém průmyslu, opak je pravdou.

Ještě dnes máme v dobré paměti povodně z roku 2002, kdy rozvodněné Labe zaplavilo neratovickou Spolanu. Došlo tak k úniku několika tun nejrůznějších

chemických látek – mezi nimi i karcinogenních dioxinů [8]. Zpráva o povodni uvádí, že škody na životním prostředí spojené s únikem nebezpečných látek sice nebyly prokázány, avšak škoda na továrním majetku byla vyčíslena na 1,5 miliardy korun [8]. Tento případ jen ilustruje, jak závažné následky může napáchat přírodní živl, zasáhne-li průmysl, sklady anebo i čistíčky odpadních vod.

Mezi roky 1998 a 2005 zažila Evropa přes 120 velkých ničivých povodní. Za obět jim padlo již více než 1000 lidí, evakuováno bylo přes půl milionu lidí a hospodářské škody byly pojišťovny vyčísleny na nejméně 35 miliard euro [9,10]. Povodně tedy zdaleka není radno podceňovat.

Potenciální ohrožení povodněmi je obrovské. Například podél Rýna žije 10 milionů lidí v oblastech, kde je toto riziko největší a možné škody by tak mohly dosáhnout až 165 miliard euro. Také pobřežní oblasti jsou vystaveny riziku povodní. Způsobuje ho moře, jehož hladina se vlivem oteplování globálního klimatu začíná zvyšovat. Celková hodnota ekonomického majetku, umístěného do 500 metrů od evropského pobřeží, včetně pláží, zemědělské půdy a průmyslových zařízení, se v současnosti odhaduje na 0,5 až 1 bilión euro [9].

Prevence závažných havárií v Evropě

Zmíněné havárie a povodně jistě nejsou úplným výčtem všech nejzávažnějších událostí, které kdy svět postihly. Tato práce ale nemá za cíl informovat o každé z nich, nýbrž předložit čtenáři danou problematiku v širších souvislostech. Proto, aby nevznikl dojem, že každý chemický podnik je de facto časovanou bombou, je potřeba pohovořit také o preventivních přístupech, které mají za cíl mimořádným událostem předcházet.

Během závažné průmyslové havárie v chemickém podniku ICMESA v italském Sevesu, došlo v roce 1976 k úniku až 20 kilogramů velmi toxického dioxinu [3,11]. Tato událost spustila v tehdejší Evropské unii legislativní proces, který vyústil v roce 1982 přijetím směrnice 82/501/EEC, známé pod označením SEVESO I. V oboru průmyslové bezpečnosti byl tento okamžik významným mezníkem. Byl odstartován rozvoj aktivního přístupu k zajišťování bezpečnosti při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami. Během osmdesátých a devadesátých let se z prevence závažných havárií vyvinul samostatný vědní resp. technický obor, který dnes zahrnuje nejen širokou oblast prevence, ale také část represivní. Tento vývoj se také promítl do příslušné legislativy. V roce 1996 přijala Evropská Rada směrnici 96/82/ES (SEVESO II), která nahradila tehdy již zastaralou směrnici 82/501/EEC. Povinností všech členských států pak byla její harmonizace do podoby zákonů příslušných národních legislativ. Také v České republice byl vydán ke konci roku 1999 zákon o prevenci závažných havárií [12] a k němu příslušných prováděcích vyhlášek [13,14,15]. Legislativní proces tímto však neskončil.

Systém bezpečnosti a prevence

Systém bezpečnosti a prevence závažných havárií vychází především z naplňování ustanovení bezpečnostní dokumentace – analýzy a hodnocení rizik, bezpečnostního programu (bezpečnostní zprávy) a havarijních plánů. Struktura a obsahová stránka těchto dokumentů je určena příslušnými právními normami [12,13,15] a každý podnik, který je povinen ji vypracovávat, musí tyto kritéria splnit.

Analýza a hodnocení rizik představuje hloubkovou studii, kterou vypracovává tým zkušených odborníků a procesních inženýrů. Jejím účelem je identifikovat všechny zdroje rizika a analyzovat je a to včetně s přihlédnutím na možné působení vnějších (přírodních i antropogenních) vlivů [16,19]. Ačkoli existuje řada uznávaných analytických přístupů, jednotný postup při tvorbě analýzy a hodnocení rizika stanoven není. Evropský trend však udávají především holandské a britské přístupy, které jsou postaveny na rozsáhlé kolekci sofistikovaných statistických dat. Výstupem analýzy a hodnocení rizik je určení příčin a možných scénářů nehod (např. prostřednictvím stromů poruch a stromů událostí), stanovení odhadu dopadů havarijních scénářů na zdraví a životy lidí, na hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek (např. prostřednictvím softwarových modelovacích programů), stanovení odhadu pravděpodobností zmíněných scénářů (prostřednictvím statistických dat), ocenění a zhodnocení přijatelnosti rizik. Analýza předkládá také návrh preventivních opatření [12] a pomáhá při havarijním plánování.

V rámci prevence a havarijní připravenosti mnoho členských států EU přijímá také rozsáhlá protipovodňová opatření. Sladěná a koordinovaná činnost na úrovni celé Evropské unie se však ale teprve začíná rozvíjet. Čerstvou novinkou však je rozhodnutí [18], že rozvoj systému prevence havárií a povodní bude do budoucna podporován za využití nejmodernějších kosmických technologií a prostředků.

Bezpečnost a vesmír

Bezpečnost v Evropě je předpokladem prosperity a svobody. Bezpečnostní strategie EU „Bezpečná Evropa v lepším světě“, kterou přijala Evropská rada, se zaměřuje na potřebu rozvoje systému bezpečnosti, který zahrnuje civilní i vojenská bezpečnostní opatření.

V uplynulých 40 letech si Evropa vybuodovala vynikající technologickou způsobilost, avšak k udržení konkurenceschopného průmyslu (včetně výrobců, poskytovatelů a provozovatelů služeb) vyžaduje nový výzkum a technologie. Ten se nevyhýbá ani vesmíru, neboť aplikace založené na vesmírných technologiích jsou důležitým přínosem pro průmysl i občany.

Evropský kosmický program si pro léta 2007 až 2013 proto stanovil jako jeden z prioritních cílů vyvinout technologie a znalosti pro budování kapacit potřebných k zajištění bezpečnosti občanů před ohrožením [18]. Konkrétně se jedná o vyvinutí evropského kosmického systému satelitního sledování životního prostředí a bezpečnosti GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Ten bude určen nejen k monitorování, životního prostředí a případných hrozeb, ale také k integraci s pozemními, lodními a letadlovými složkami a ke komunikaci a předávání dat při mimořádných událostech.

Obdobný přístup byl již ověřen na zjišťování havárií na ruských ropovodech procházejících neobydlenými oblastmi Sibíře, kde není jiná možnost monitoringu, než z letadel či satelitů.

Trendy výzkumu a vývoje

Kromě rozvoje satelitní podpory se výzkum a vývoj v oblasti prevence závažných havárií ubírá několika dalšími směry. Hlavní úsilí je u nás v současnosti soustředěno především do těchto oblastí:

1. vývoj a zdokonalování modelovacích analytických technik
2. zpřesňování údajů o toxických vlastnostech nebezpečných chemických látek
3. výzkum příčin selhání lidského činitele na kritických pracovních pozicích a zlepšování bariér bránících vzniku těchto selhání
4. vývoj účinnějších technických bezpečnostních bariér a zlepšování účinnosti havarijních prostředků

Česká republika podporuje tento aplikovaný výzkum zejména prostřednictvím grantových dotací příslušných ministerstev a agentur. Jednou z institucí, která se výrazně do tohoto výzkumu zapojuje je Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Ten je v současnosti nositelem nebo spoluřešitelem dvou projektů spadajících do zmíněných oblastí. Pro oblast vývoje a zdokonalování modelovacích analytických technik probíhá projekt s názvem „Ověření modelu šíření a účinků ohrožujících událostí“, který má za úkol vyvinout nový softwarový modul umožňující modelování šíření toxických prachových disperzí. Druhým projektem, na kterém nyní pracujeme, je projekt s názvem „Metody a nástroje hodnocení a zvyšování spolehlivosti lidského činitele v provozu jaderné elektrárny“. Tento projekt směřuje ke zvyšování spolehlivosti lidského činitele na kritických pracovních pozicích (operátorů reaktoru), jejichž případné selhání může způsobit závažnou havárii. Příkladem budiž havárie v Černobylu, kterou způsobilo právě selhání operátorů.

Shrnutí a závěr

Závažná havárie jakými byla havárie v jaderné elektrárně v Černobylu, nebo průmyslové havárie v chemických závodech v Bhópálu, Toulouse, Mexico City ale i jinde, ukázaly, jaké obrovské riziko mohou tyto náročné provozy představovat. Je proto nutné začít usilovněji vytvářet systém, kterým by se podobným haváriím mohlo účinně předcházet. V Evropě se za posledních dvacet let na tomto poli vykonalo mnohé a je dobře, že tato problematika je stále více vnímána jako jedna z existenčních priorit. Zdaleka již nejde jen o parciální kroky směřujících k odstranění konkrétních rizik, tak jak tomu bylo v minulosti, ale byly položeny základy jednotného systému prevence a havarijní připravenosti. Tento systém si klade za cíl snížit celkové společenské i individuální riziko na tzv. společensky přijatelnou mez. Pro její dosažení musíme vynaložit nejen prostředky pro realizaci technických opatření, ale také aktivně zvyšovat spolehlivost lidského faktoru. K lepší prevenci začne již brzy přispívat také satelitní technika. Evropská kosmická agentura rozvíjí systém GMES, který bude určen pro monitoring a varování před hrozícím nebezpečím. To umožní Evropě včas reagovat na mimořádné stavy a minimalizovat jejich následky.

Literatura

- [1] Vacek J.: Průmyslová revoluce (1750 - 1900), webové stránky Jednoty českých matematiků a fyziků, 2003
- [2] Kostka T.: Havárie v jaderné elektrárně Černobyl, internet
- [3] Mika O., Sabo J.: Nejzávažnější chemická havárie 20. století, 112 – odborný časopis požární ochrany, IZS a ochrany obyvatelstva, 12/2004
- [4] Hale and Glendon: Industrial accident prevention: A safety management approach, (5th ed.), McGraw-Hill, New York, U.S.A., 1987
- [5] Gertman D.I, Blackman H.S: Human Reliability and Safety Analysis Data Handbook, John Wiley and Sons, Inc. New York, U.S.A., 1994
- [6] Johnson C.W.: Failure in Safety-Critical Systeme: A Handbook of Accident and Incident Reporting, University of Glasgow Press, Glasgow, U.K., 2003
- [7] Kelnar L.: Poučíme se z havárie v Toulouse? Resque report, 2005
- [8] Povodeň 2002 – Soubor informací k průběhu povodně ve Spolaně Neratovice a výsledky auditů, Spolana Neratovice, 2003
- [9] Sdělení Komise Radě, Evropskému parlamentu, Evropské ekonomické a sociální komisi a Regionální komisi: Řízení povodňových rizik - Prevence, ochrana a zmírnění následků povodní, č. COM(2004)472, Brusel, 2004
- [10] Environmental issue report no. 35, European Environment Agency, 2003

[11] Corliss M.: Dioxin: Seveso disaster testament to effects of dioxin, 1999 (zdroj: internet)

[12] Zákon č. 353/1999 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, ve znění pozdějších předpisů

[13] Vyhláška č. 366/2004 Sb. o některých podrobnostech systému prevence závažných havárií

[14] Vyhláška č. 367/2004 Sb., kterou se mění vyhláška č. 7/2000 Sb., kterou se stanoví rozsah a způsob zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a následcích závažné havárie

[15] Vyhláška č. 373/2004 Sb. kterou se stanoví podrobnosti o rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo do skupiny B

[16] Sluka V. a kol.: Postup analýzy a hodnocení rizik závažné havárie pro zpracování bezpečnostní dokumentace podle zákona o prevenci závažných havárií, Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Praha.

[17] Stuchlá K.: Analýza rizik v havarijním plánování, 112 – odborný časopis požární ochrany, IZS a ochrany obyvatelstva, 5/2004

[18] Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady o sedmém rámcovém programu Evropského společenství pro výzkum, technický rozvoj a demonstrace (2007 až 2013), č. 2005/0043 (COD), Brusel, 2005

[19] Skřehot P. a kol.: Prevence a represe v rámci direktivy SEVESO a způsob hodnocení závažných průmyslových havárií v západní Evropě, 112 – odborný časopis požární ochrany, IZS a ochrany obyvatelstva, 4/2006

[20] Sauliere G., Vallart J.: Succession of events involved by floods, DRIRE, France – presentace na konferenci IMPEL 2005, Francie