

**RISK CONSULT, spol. s r. o.**  
*inžinierska, poradenská a obchodná spoločnosť*

**Račianska 72, 831 02 Bratislava**  
tel/fax : 00421 2 444605 83, E-mail : [riskconsult@nexta.sk](mailto:riskconsult@nexta.sk)

---

*Projekt vypracovaný v zmysle zmluvy o dielo  
č. 80/2002/6.4 medzi MŽP SR a RISK CONSULT, spol. s r. o.*

**METODICKÁ PRÍRUČKA  
PRE EXPERTNÝ ODHAD PRAVDEPODOBNOSTI  
VÝSKYTU PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ  
V PODNIKOCH PODLIEHAJÚCICH REŽIMU  
ZÁKONA  
O ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÁCH**

*spracovateľ*

**Ing. Ján Kandráč, CSc. a kol.**

**BRATISLAVA**  
*november 2002*

**RISK CONSULT, spol. s r. o.**  
**inžinierska, poradenská a obchodná spoločnosť**

**Račianska 72, 831 02 Bratislava**  
tel/fax : 00421 2 444605 83, E-mail : [riskconsult@nexta.sk](mailto:riskconsult@nexta.sk)

---

Projekt vypracovaný v zmysle zmluvy o dielo  
č. 80/2002/6.4 medzi MŽP SR a RISK CONSULT, spol. s r. o.

**METODICKÁ PRÍRUČKA  
PRE EXPERTNÝ ODHAD PRAVDEPODOBNOSTI VÝSKYTU  
PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ  
V PODNIKOCH PODLIEHAJÚCICH REŽIMU ZÁKONA  
O ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÁCH**

spracovateľ

**Ing. Ján Kandráč, CSc. a kol.**

**Spolupracovníci :** Ing. Ivan Zmajkovič, RISK CONSULT, spol. s r. o.  
Marcela Bernadičová, RISK CONSULT, spol. s r. o.  
Eva Slobodová, RISK CONSULT, spol. s r. o.

Číslo zmluvy u zhotoviteľa : RC-E01/2001  
Číslo zmluvy u objednávateľa : 80/2002/6.4  
Číslo príručky : RC-E01/2002 (Revízia 0)  
Číslo výtlačku : 1

**BRATISLAVA**  
november 2002

**RISK CONSULT, spol. s r. o.**  
**inžinierska, poradenská a obchodná spoločnosť**

**Račianska 72, 831 02 Bratislava**  
tel/fax : 00421 2 444605 83, E-mail : [riskconsult@nexta.sk](mailto:riskconsult@nexta.sk)

---

Projekt vypracovaný v zmysle zmluvy o dielo  
č. 80/2002/6.4 medzi MŽP SR a RISK CONSULT, spol. s r. o.

**METODICKÁ PRÍRUČKA  
PRE EXPERTNÝ ODHAD PRAVDEPODOBNOTI VÝSKYTU  
PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ  
V PODNIKOCH PODLIEHAJÚCICH REŽIMU ZÁKONA  
O ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÁCH**

Metodická príručka pozostáva zo štyroch častí :

1. časť – **Expertný odhad pravdepodobnosti výskytu (vzniku) havárií v zmysle prijatých legislatívnych postupov zákona o závažných priemyselných haváriách**
2. časť - **Expertný odhad pravdepodobnosti výskytu (vzniku) havárií na základe aplikácie generických alebo špecifických údajov o haváriách**
3. časť - **Určovanie celkovej hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie na základe definovania (odhadu) čiastkových hodnôt ...**
4. časť – **Spôsoby kvantifikácie havarijných reťazcov ....**

**BRATISLAVA**  
november 2002

## ANOTÁCIA

Predslov spracovateľa  
Použité pojmy a definície

<b>1. ťažisková časť</b> .....	<b>8</b>
<b>1. 0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE V PRÍPADE STABILNÝCH (FIXNÝCH) ZARIADENÍ A SKLADOV</b> .....	<b>8</b>
1.1 <i>Odhad pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie pre fixné zariadenia</i> .....	10
<b>2. 0 ZÁVERY PRE URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE V PRÍPADE APLIKÁCIE METODIKY MAAE</b> .....	<b>15</b>
<b>2. ťažisková časť</b> .....	<b>16</b>
<b>1. 0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE APLIKÁCIE GENERICKÝCH ÚDAJOV</b> .....	<b>16</b>
<b>2. 0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE APLIKÁCIE ŠPECIFICKÝCH ÚDAJOV</b> .....	<b>22</b>
<b>3. 0 ZÁVERY PRE URČENIE MOŽNOSTI APLIKÁCIE GENERICKÝCH ALEBO ŠPECIFICKÝCH VSTUPNÝCH ÚDAJOV</b> .....	<b>25</b>
<b>3. ťažisková časť</b> .....	<b>27</b>
<b>1. 0 ZJEDNODUŠENÁ MOŽNOSŤ URČENIA VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE</b> .....	<b>27</b>
<b>2. 0 DEFINOVANIE VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE DETAILNEJ VÝPOČTOVEJ</b> .....	<b>32</b>
<b>3. 0 ZÁVERY K MOŽNOSTIAM URČOVANIA VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE ZADefINOVANIA ČIASTKOVÝCH HODNÔT</b> .....	<b>35</b>
<b>4. ťažisková časť</b> .....	<b>36</b>
<b>1. 0 KVANTIFIKÁCIA HAVARIJNÝCH REŤAZCOV</b> .....	<b>36</b>
<b>2. 0 SPÔSOB KVANTIFIKÁCIE HAVARIJNÝCH REŤAZCOV NA ZÁKLADE DefINOVANIA PRAVDEPODOBNOTI VÝSKYTU INICIAČNÝCH UDALOSTÍ</b> .....	<b>38</b>
<b>CELKOVÉ ZÁVERY</b> .....	<b>40</b>
<b>POUŽITÁ LITERATÚRA</b> .....	<b>41</b>
<b>Príloha č. 1</b> Rešeršný zoznam publikácií a článkov k problematike hodnotenia rizika v krajinách EÚ ( <a href="http://mahbsrv.jrc.it/publications.html">http://mahbsrv.jrc.it/publications.html</a> )	
<b>Príloha č. 2</b> Hodnotenie a riadenie rizika v kontexte direktívy SEVESO II ( <a href="http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/6/0/0/8...">http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/6/0/0/8...</a> )	
<b>Príloha č. 3</b> Zoznam profesionálnych a štátnych inštitúcií zaoberajúcich sa hodnotením rizika v chemickom priemysle	
<b>Príloha č. 4</b> Analýza havarijných reťazcov pomocou stromov udalostí	

# METODICKÁ PRÍRUČKA PRE EXPERTNÝ ODHAD PRAVDEPODOBNOTI VÝSKYTU PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ V PODNIKOH PODLIEHAJÚCICH REŽIMU ZÁKONA O ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÁCH

Ing. Ján Kandráč, CSc. a kol. <sup>(1)</sup>

## Anotácia

Predkladaná metodická príručka je venovaná prezentácii a vzorovým ukážkam postupov pre expertný odhad pravdepodobnosti výskytu priemyselných havárií v podnikoch podliehajúcich režimu zákona č. 261/2002 Z.z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a o doplnení niektorých zákonov. Príručka je určená havarijným technikom a špecialistom v týchto podnikoch, odbornej technickej verejnosti zaoberajúcej sa touto problematikou a tiež pracovníkom štátnej správy, ktorí budú kontrolovať a venovať sa problematike aplikácie tohto zákona.

<sup>(1)</sup> Ing. Ján Kandráč, CSc. patrí medzi popredných odborníkov v Slovenskej republike, zaoberajúcich sa problematikou spoľahlivosti a bezpečnosti prevádzky priemyselných zariadení. V rokoch 1972-77 absolvoval Elektrotechnickú fakultu Slovenskej vysokej školy technickej (EF SVŠT) v Bratislave a od roku 1976 sa venoval problematike hodnotenia spoľahlivosti a pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti jadrove-energetických zdrojov. V 80 - tých rokoch sa intenzívne venoval problematike modelovania a analýz vplyvov vonkajších udalostí (požiare, záplavy ap.) na bezpečnosť prevádzky rizikových technológií. V rokoch 1989-93 viedol práce zamerané na zvýšenie požiarnej bezpečnosti jadrove-energetických zdrojov, v rámci čiastkových úloh štátneho plánu ÚŠP RVT A 01-159-821 "Bezpečnosť jadrových elektrární". V súčasnosti je technickým riaditeľom spoločnosti RISK CONSULT, spol. s r. o., ktorá sa zaoberá projekciou a hodnotením priemyselných rizík. Je špecialistom v oblasti hodnotenia rizika prevádzky výrobných zariadení a autorom vyše dvesto spoľahlivostných a požiaro-bezpečnostných správ, auditov a analýz, hlavne pre jadrové elektrárne (JE) v Slovenskej a Českej republike (SR, ČR), JE v Maďarsku a Arménsku, chemické, petrochemické, strojárenské a plynárenské prevádzky, ako aj špeciálne technológie v SR a ČR. Je zároveň úradujúcim podpredsedom Slovenskej spoločnosti pre propagáciu vedy a techniky, člena Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností a riaditeľom sekcie rizikových analýz Slovenskej Asociácie pre ochranu majetku a osôb.

## **Predslov spracovateľa**

*Predkladaná metodická príručka pre expertný odhad pravdepodobnosti výskytu priemyselných havárií v podnikoch podliehajúcich režimu zákona o závažných priemyselných haváriách je systematickým pokračovaním metodických prác a odbornej pomoci, ktorú od roku 2000 riadi, zabezpečuje a koordinuje Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) v rámci jeho aktivít zameraných na efektívnu aplikáciu požiadaviek príslušného zákona (zákona o prevencii závažných priemyselných havárií) v Slovenskej republike (SR).*

*Prvé práce v oblasti identifikácie podnikov s vybranými nebezpečnými látkami v SR a v oblasti prípravy metodiky pre hodnotenie rizika týchto podnikov boli realizované na základe objednávky MŽP SR už v roku 2000 a poukázali na akútnu potrebu systematickej a dôslednej prípravy štátnej správy a podnikovej sféry na splnenie požiadaviek pripravovaného zákona.*

*V súčasnosti príslušný zákon č. 261/2002 Z.z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov už nadobudol účinnosť a Európska únia (EÚ), Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (OECD), Európska hospodárska komisia Organizácie spojených národov (EHK OSN), Medzinárodná organizácia práce (MOP), ako aj Svetová zdravotnícka organizácia (WHO), v spolupráci s ďalšími medzinárodnými organizáciami a združeniami očakávajú od nás komplexnú transpozíciu príslušných právnych úprav EÚ aj v tejto oblasti.*

*Predkladaná metodická príručka pre expertný odhad pravdepodobnosti výskytu priemyselných havárií v podnikoch podliehajúcich režimu príslušného zákona zavádza zásady jednotného a systematického prístupu k príprave vstupných údajov pre hodnotenie rizika, ktoré sú kompatibilné s obdobnými postupmi v EÚ. Tým sa vlastne vytvárajú aj nevyhnutné predpoklady pre následné vierohodné, objektívne a jednotné posudzovanie a porovnávanie týchto rizík v rámci EÚ.*

*Metodická príručka a v nej prezentované postupy a zásady sú určené výhradne pre prípravu vstupných údajov do hodnotení rizika závažných priemyselných havárií, v zmysle § 6, ods. (1) b) zákona, tj. len pre kvantifikáciu pravdepodobnosti alebo početnosti vzniku možných závažných priemyselných havárií.*

*Zhromažďovanie a príprava týchto vstupných údajov slúži len pre potreby zavedenia systému hodnotenia rizika v zmysle § 3, ods. (1) d, takže tieto údaje nevstupujú (nie sú požadované) v šiestej časti zákona dotýkajúcej sa zhromažďovania údajov o závažných priemyselných haváriách.*

*Ing. Ján Kandráč, CSc.*

## **Použité pojmy a definície**

V tejto metodologickej príručke sú v určitých častiach použité špecifické pojmy a definície odlišným spôsobom ako sú uvedené v zákone o prevencii závažných priemyselných havárií, resp. nie sú v súlade so zákonnými definíciami podľa osobitných predpisov. Je to z dôvodov inej (obecnejšej) interpretácie hlavne v metodologickej príručke Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (MAAE) [1] a v ďalších podkladových materiáloch. Z uvedeného dôvodu sú tieto pojmy a definície popísané nižšie.

**Bezpečnosť** - je charakterizovaná ako vlastnosť objektu (technológie, činnosti ap.) neohrozovať ani osoby a ani okolie (životné prostredie).

**Nebezpečenstvo** - je definované ako vlastnosť objektu spôsobiť neočakávaný negatívny jav. Je to skrytá vlastnosť alebo schopnosť materiálu, stroja, pracovnej činnosti, zapríčiniť vznik poškodenia, škody. Je to zdroj možného zranenia alebo poškodenia zdravia (pozri rozdiel oproti § 2, písm. k) zákona o prevencii závažných priemyselných havárií).

**Ohrozenie** - je definované ako schopnosť aktivovať nebezpečenstvo, ktoré vyplýva z vlastnosti objektu (napr. únik nebezpečných látok ap.).

**Pravdepodobnosť** – je pojem používaný pre vyjadrenie nášho stavu dôvery v oblastiach, kde sa pojednáva o udalostiach, pre ktoré nie sú k dispozícii informácie o frekvencii ich výskytu, alebo tieto informácie sú nedostatočné (nevierohodné).

**Riziko** - je definované ako súčin pravdepodobnosti vzniku nežiadúceho negatívneho javu a jeho následkov (dôsledkov) (pozri rozdiel oproti § 2, písm. l) zákona o prevencii závažných priemyselných havárií).

**Rizikové faktory** - sú definované ako technické alebo humánne parametre objektov, prípadne činností, ktoré ovplyvňujú riziko.

**Analýza rizika** - je definovaná ako určenie posudzovaného systému, zisťovanie nebezpečenstva, ohrozenia a rizika.

**Kontrola rizika** - je definovaná ako posúdenie bezpečnosti systému a prijatie zodpovedajúcich opatrení.

**Hodnotenie rizika** - je definované ako súhrn postupov na ohodnotenie rizika ako miery ohrozenia, počas vykonávania analyzovanej činnosti, a to určenie pravdepodobnosti vzniku nežiadúceho negatívneho javu a jeho následkov (dôsledkov) a ich vzájomnú kombináciu.

**Akceptovateľné riziko** - je definované ako také riziko, ktoré zainteresované subjekty pri zohľadnení všetkých prevádzkových a humánnych podmienok sú ochotné znášať, t. j. početnosť negatívneho javu je v hodnotách, ktoré možno akceptovať a dôsledky sú v rozsahu, ktorý je únosný pre príslušnú osobu alebo skupinu osôb.

## 1. ťažisková časť

## **Expertný odhad pravdepodobnosti výskytu (vzniku) havárií v zmysle prijatých legislatívnych postupov zákona o závažných priemyselných haváriách**

### **1.0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE V PRÍPADE STABILNÝCH (FIXNÝCH) ZARIADENÍ A SKLADOV**

Určenie (odhad, stanovenie) pravdepodobnosti vzniku závažnej priemyselnej havárie v zmysle zákona č. 261/2002 Z.z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len „zákona o ZPH“) a jeho vykonávacej vyhlášky č. 489/2002 Z.z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ZPH sa na potreby predbežného odhadu rizika na účely oznámenia (§ 4, ods. 1, písm. a) realizuje postupom prezentovaným v jej prílohe č. 1, tab. VI.

Okrem tohto postupu na predbežný odhad rizika na účely oznámenia o zaradení podniku možno použiť aj iné medzinárodne uznávané metódy rýchleho odhadu (hodnotenia) rizika za predpokladu, že umožňujú určiť pravdepodobnosť alebo početnosť výskytu závažnej priemyselnej havárie (pozri § 5, ods. 3).

Pokiaľ podnik pri svojom zaradzovaní použije postup odhadu, resp. určenia pravdepodobnosti vzniku závažnej priemyselnej havárie v zmysle prílohy č. 1 vykonávacej vyhlášky č. 489/2002 Z.z., potom už samotný postup zaručuje dostatočnú konzervatívnosť (prísnosť) odhadu tejto pravdepodobnosti. Určité problémy nastanú, ak sa pri zaradzovaní podniku a pri predbežnom odhade jeho rizika použijú iné postupy (v zmysle § 5, ods. 3 vyhlášky). V tomto prípade je potrebné jasne odlíšiť, akým spôsobom sa určila pravdepodobnosť, resp. početnosť výskytu ZPH, tj. je potrebné nielen presne identifikovať použitý podkladový materiál, ale aj presne vyšpecifikovať a odôvodniť postupy použité k určeniu (k odhadu) tejto pravdepodobnosti.

Je pravdou, že predbežný odhad rizika na účely oznámenia, resp. oficiálna prezentácia jeho jediného výsledku (výstupu) – celkovej hodnoty pravdepodobnosti vzniku závažnej priemyselnej havárie v oznámení o zaradení podniku je skutočne len informatívny. Napriek tomu, kompetentní pracovníci štátnej správy už z prvého oboznámenia sa s týmto oznámením môžu vyvodzovať určité predbežné (informatívne) zhodnotenia prijateľnosti rizika. Práve preto je potrebné dosiahnuť, aby prezentované výsledky predbežného odhadu rizika boli dostatočne vierohodné (objektívne). V podstate by sa nemalo stať, že dva podobné (technologicky podobné, resp. aj rovnako situované) podniky sa budú v odhade celkovej hodnoty pravdepodobnosti vzniku ZPH líšiť o viac ako 1-2 rády.

Taktiež podnik, v ktorom sa už počas jeho doterajšej histórie prevádzky ZPH vyskytla, jednoducho pri aplikácii metodiky predbežného odhadu rizika na účely oznámenia nemôže použiť postupy odhadu pravdepodobnosti výskytu ZPH opierajúce sa o generické (obecné) vstupné údaje prevzaté zo svetových štatistických databáz, teda ani postupy prezentované v prílohe č. 1 vyhlášky č. 489/2002 Z.z..

Je to zrejmé a pochopiteľné aj z nasledujúceho príkladu. Ak nejaký podnik existuje 30 rokov a za dobu jeho doterajšej existencie sa v ňom vyskytli dve závažné havárie, ktoré je možné označiť ako ZPH, potom pravdepodobnosť vzniku ZPH v tomto podniku, ktorá sa uvedie v oznámení bude :



$F_p = 2 \text{ udalosti} / 30 \text{ rokov prevádzky}$

$F_p = 0,066666 \text{ udalostí} \cdot \text{rok}^{-1}$ , alebo tiež  $F_p = 6,67 \times 10^{-2} \text{ udalostí} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Aj tento príklad veľmi zrozumiteľne poukazuje na informatívny význam predbežného odhadu rizika na účely oznámenia. Príslušný podnik sa totiž objektívne priznáva k určitým skutočnostiam, ktoré už v súčasnosti môžu byť neaktuálne (nereálne). Po výskyte príslušných ZPH napríklad tento podnik už prijal také opatrenia, ktoré zabránia ich opätovnému vzniku. Tieto skutočnosti však bude podnik prezentovať až pri realizácii analýzy rizika, teda až pri jeho detailnom hodnotení (pozri § 6, ods. 1,2 zákona č. 261/2002 Z.z.).

V zmysle vyhlášky č. 489/2002 Z.z. (§ 4, ods. 3, písm. e) pre potreby hodnotenia rizika bude však potrebné v mnohých prípadoch pristúpiť k expertnému odhadu pravdepodobnosti vzniku ZPH. Dôvodom bude jednak špecifickosť podniku, resp. špecifickosť príslušnej výrobnjej technológie alebo zariadenia.

Práve z vyššie uvedeného dôvodu bol v roku 2001 Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) v metodickej príručke k vtedy ešte len pripravovanému zákonu o závažných priemyselných haváriách pripojený aj úplný preklad „Príručky pre klasifikáciu a stanovenie priorít rizík vyplývajúcich zo závažných havárií vo výrobných a príbuzných priemyselných odvetviach“, ktorú vydala Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (MAAE) vo Viedni, v rámci špecifických programov systematickej technickej pomoci iným priemyselným odvetviam (dokument MAAE TEC-DOC-727) [ 1].

Uvedený postup sa striktnie opiera o základy pravdepodobnostného (spoľahlivostného) inžinierstva, pričom vychádza z generických (obecných) údajov o veľkých haváriách vo svete zozbieraných za posledných cca 70-80 rokov. Je však potrebné si uvedomiť, že podľa objektivistov možno chápať pravdepodobnosť výskytu daného javu ako výsledok opakovaných pokusov. Ak však chceme hovoriť o pravdepodobnosti výskytu ZPH, potom by sme skutočne pri tomto ich prístupe museli vychádzať z celosvetových generických (obecných) databáz o haváriách.

Škola subjektivistov však o pravdepodobnosti výskytu daného javu hovorí ako o stave znalosti o danom jave alebo o stave dôvery k vierohodnosti informácií. To, o čom hovoria objektivisti sa nazýva frekvencia výskytu daného javu. To, o čom hovoria subjektivisti sa nazýva pravdepodobnosť výskytu daného javu.

Pravdepodobnosť sa skutočne používa pre vyjadrenie nášho stavu dôvery v oblastiach, kde sa pojednáva o udalostiach, pre ktoré nie sú k dispozícii informácie o frekvencii ich výskytu, alebo tieto informácie sú nedostatočné (nevierohodné).

Pravdepodobnostne možno analyzovať nielen množstvo opakovaných javov, ale aj zriedkavé udalosti a práve na tom je založená teória kvantifikácie rizika zriedkavých udalostí (udalostí s veľmi malou pravdepodobnosťou výskytu).

V súlade s vyššie uvádzanými definíciami frekvencie a pravdepodobnosti ako čísel sa dá povedať, že štatistika je analýza informácií frekvenčného typu. Teda, pri štatistike sa jedná sa o vedecké spracovanie údajov. Na druhej strane teória pravdepodobnosti je veda o spracovaní nedostatku údajov.

Aj v našej odbornej verejnosti je však veľmi často počuť názory, že pravdepodobnostný prístup k hodnoteniu rizika ZPH sa nedá u nás použiť, pretože je akútny nedostatok údajov o týchto haváriách. Vo svetle vyššie uvádzaných definícií je však zrejmé, že sa jedná o nedorozumenie a nepochopenie tejto problematiky. Ak je totiž nedostatok údajov o haváriách, potom nám nezostáva nič iné, len použiť metódy pravdepodobnostného inžinierstva.

Na účely oznámenia o zaradení podniku do kategórie A alebo B vykoná prevádzkovateľ predbežný odhad rizika (pozri § 6, ods. 3 zákona č. 261/2002 Z.z.), teda odhad pravdepodobnosti vzniku ZPH podľa modifikovaného a zjednodušeného postupu opierajúceho sa o metodickú príručku MAAE (ďalej len príručku MAAE [1]).

Pre analýzu a hodnotenie rizika v potrebnom rozsahu (pozri § 6, ods. 1,2 zákona č. 261/2002 Z.z. a tiež § 6 až 8 vyhlášky č. 489/2002 Z.z.) je však možné použiť aj nemodifikovanú metodiku odhadu pravdepodobnosti vzniku ZPH, ktorá je zachytená v príručke MAAE. Jej použitie má však určité obmedzenia, ktoré je potrebné aby si uvedomil nielen prevádzkovateľ, ale aj štátna správa. Práve preto je príslušná časť tejto metodiky popísaná v ďalšom texte.

**Zároveň je potrebné podotknúť, že cieľom tejto práce nie je prezentovať celé metodické postupy uvedené v príručke MAAE. Jej slovenský preklad je totiž v plnom rozsahu dostupný na internetovej stránke MŽP SR : [www.enviro.gov.sk](http://www.enviro.gov.sk), resp. aj na webovej stránke : <http://havaria.webpark.sk>**

### **1.1 Odhad pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie pre fixné zariadenia podľa metodiky uvedenej v príručke MAAE**

V príručke MAAE je použitá metodika umožňujúca stanovenie pravdepodobnosti vzniku závažných havárií, čo je oveľa širší okruh havárií než je definovaný pod pojmom ZPH. Postup je zrozumiteľný a jednoduchý, pretože v prípade každej v príručke MAAE analyzovanej činnosti sa prostredníctvom odvodenia priemerného (štandardného) indexu pravdepodobnosti (čo je absolútna hodnota logaritmu počtu výskytov závažnej havárie pri danej "štandardnej" činnosti) a prostredníctvom zohľadnenia niekoľkých korekčných parametrov indexu pravdepodobnosti stanoví výsledná pravdepodobnosť vzniku závažných havárií.

Korekčné parametre predstavujú vplyvy frekvencie plnenia (nakladania/vykladania) zariadení, vplyvy bezpečnostných a zabezpečovacích systémov, vplyvy zhodnocujúce pripravenosť obsluhy a prevádzkového personálu ap. analyzované vo väzbe na konkrétnu havarijnú situáciu a tiež vo väzbe na iné vplyvy, napr. na meteorologickú situáciu (zhodnotenie pravdepodobného smeru vetra vo väzbe k obývaným územiám v zasiahnutej zóne).

Ešte raz je potrebné zdôrazniť, že vo vyhláške č. 489/2002 Z.z., konkrétne v jej prílohe č. 1 je použitý modifikovaný postup odhadu rizika v oveľa užšom rozsahu hodnotení, než je uvedený v príručke MAAE. Modifikácia postupu sa realizovala za účelom zjednodušenia a selekcie (nezohľadnenia, resp. vylúčenia) určitých hodnotiacich kritérií a tiež za účelom nezohľadnenia určitých technických systémov (napr. bezpečnostných a zabezpečovacích systémov). Práve preto je tento postup použiteľný len k predbežnému odhadu rizika (pozri § 6, ods. 3 zákona č. 261/2002 Z.z.).

Každá činnosť v príručke MAAE sa klasifikuje podľa stupnice dôsledkov (následkov) a stupnice pravdepodobností. Týmto spôsobom sa všetky nebezpečné (rizikové) činnosti na posudzovanom území (areál podniku) zhromaždia a vyjadria v jednej matici pravdepodobností a dôsledkov.

Aby sa dala vypočítať pravdepodobnosť výskytu havárií ( $P_{i,s}$ , početnosť havárií . rok<sup>-1</sup>) s výskytom nebezpečných látok (dolný index s), je potrebné pre každé nebezpečné zariadenie (dolný index i), ktoré zapríčini dôsledky, ktoré boli stanovené ako nežiadúce vypočítať príslušný tzv. index pravdepodobnosti ( $N_{i,s}$ ).

Podobne ako pri modifikovanom postupe použitom vo vyhláške č. 489/2002 Z.z., aj v príručke MAAE sú potom v pomocnej tabuľke určené priemerné indexy

pravdepodobnosti pre príslušné technické zariadenia (viď nasledujúcu tabuľku, ktorej číselné označenie sa zachovalo ako v príručke MAAE).

**TABUĽKA IX PRIEMERNÉ INDEXY PRAVDEPODOBNOTI ( $N_{i,s}^*$ ) PRE (FIXNÉ) ZARIADENIA [ 1]**

Látky (referenčné čísla)*	Činnosť	
	Skladovanie	Výrobné zariadenie
Horľavá kvapalina (1 – 3)	8	7
Horľavá kvapalina (4 – 6)	7	6
Horľavý plyn (7)	6	5
Horľavý plyn (9)	7	6
Horľavý plyn (10, 11)	6	-
Horľavý plyn (13)	4	-
Výbušnina (14, 15)	7	6
Toxická kvapalina (16 – 29)	5	4
Toxický plyn (30 – 34)	6	5
Toxický plyn (35 – 39)	6	-
Toxický plyn (42)	5	4
Produkty spaľovania (43 – 46)	3	-

\* (v zátvorke uvádzané referenčné čísla odpovedajú číselným kódom uvádzaným v prílohe č. 1 vyhlášky č. 489/2002 Z. z.)

Navyššie je v tomto prípade oproti zjednodušenému modifikovanému postupu uplatnenému v prílohe č. 1 vyhlášky č. 489/2002 Z.z. už zohľadnený :

- $n_o$  = korekčný parameter indexu pravdepodobnosti zohľadňujúci bezpečnostné kontrolné, riadiace a organizačné systémy
- $n_p$  = korekčný parameter indexu pravdepodobnosti zohľadňujúci smer vetra k obývaným územiám

V rámci tejto metodológie je  $N$  definované ako “index pravdepodobnosti” (obdobne ako vo vyhláške č. 489/2002 Z.z.). Tento “index pravdepodobnosti” je vždy späť s ekvivalentnou hodnotou pravdepodobnosti  $P$ . Ďalší postup určenia príslušnej hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie je nasledovný :

- Vybrať jednu látku (činnosť). Ak môže viac ako jedna látka z tej istej činnosti spôsobiť škodu nezávisle na iných látkach, je treba ju analyzovať samostatne. Ak sa vyskytuje skupina látok spolu, je treba ich zohľadniť ako jednu (rovnocennú) látku.
- Vybrať priemerný index pravdepodobnosti pre každú nebezpečnú látku (alebo skupinu látok) identifikovaných pre každú z činností.
- Určiť korekčný parameter indexu pravdepodobnosti  $n_i$  (Tabuľka X (a)).  
*Tento parameter vyjadruje frekvenciu nakladania/vykladania nebezpečných látok v zariadení.*
- Určiť korekčný parameter indexu pravdepodobnosti  $n_f$  (Tabuľka XI).  
*Tento parameter sa používa len pre horľavé látky. Zohľadňuje existenciu bezpečnostných systémov a počet skladovaných fliaš.*

V ďalšej časti metodiky zachytenej v príručke MAAE je už okrem stabilných zariadení zohľadňovaná aj preprava nebezpečných látok, ale použitá metóda naďalej

vychádza z priemerného (štandardného) indexu pravdepodobnosti pre každú nebezpečnú látku (alebo skupinu látok) zistenú v každej časti analyzovanej cestnej, železničnej, vnútrozemskej vodnej a potrubnej dopravy a z použitia určitých korekčných parametrov. Tieto parametre zohľadňujú vplyvy príslušného prepravného systému, intenzity prepravy ap. (pozri nasledujúce tabuľky).

Nasledujúce tabuľky ozn. X (a,b) prevzaté z príručky MAAE sú informatívne a sú tu uvedené len pre zachovanie návaznosti prezentovaného postupu. Keďže sú previazané s lodnou dopravou dostatočne nevystihujú špecifické činnosti spojené napr. s cestnou alebo železničnou dopravou. Pri nich sa totiž pracuje s oveľa nižšími prepravnými výkonmi a objemami a už vonkoncom sa tieto tabuľky nehodia na hodnotenie vnútro podnikovej dopravy, ktoré vstupuje aj do hodnotenia rizika ZPH.

Napriek tomu je však možné prevziať a objektívne zohľadniť príslušné korekčné parametre z týchto tabuliek pre stanovenie indexu pravdepodobnosti pre obdobné činnosti spojené s vnútro podnikovou nakládkou a vykládkou vybraných nebezpečných látok.

**TABUĽKA X(a) KOREKČNÝ PARAMETER INDEXU PRAVDEPODOBNOTI ( $n_1$ )  
PRE FREKVENCIU NAKLADANIA/VYKLADANIA [ 1 ]**

Frekvencia nakladania/vykladania <sup>a</sup> (výkony za rok)	Parameter
1 – 10	+ 0,5
10 – 50	0
50 – 200	-1
200 – 500	-1,5
500 – 2000	-2

<sup>a</sup> Pri výpočte dôsledkov je vždy dôležité uviesť o aké množstvo nebezpečnej látky sa jedná.

Odhladnuc od činností nakladania/vykladania sú v prístave možné aj vzájomné kolízie lodí, ktoré môžu poškodiť nakladanú/vykladanú loď.

**TABUĽKA X(b) KOREKČNÝ PARAMETER INDEXU PRAVDEPODOBNOTI ( $n_1$ )  
PRE FREKVENCIU NAKLADANIA/VYKLADANIA (pokračovanie)**

(I)	Počet lodí prechádzajúcich v prístave za rok:	
	300 - 3 000	-3
	3000 - 30 000	-4
	30 000 - 300 000	-5
(II)	Počet nakladaných/vykladaných lodí za rok:	
	30 - 300	-2
	300 - 3 000	-3
	3 000 - 30 000	-4
(III)	Priemerný čas nakladania/vykladania:	
	1 hodina	0
	3 hodiny	- 0,5
	10 hodín	- 1
Index pravdepodobnosti sa dá stanoviť takto:		
10 + (I) + (II) + (III)		

Ďalší postup pre stanovenie pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie podľa príručky MAAE je zachytený v nasledujúcich tabuľkách.

**TABUĽKA XI KOREKČNÝ PARAMETER INDEXU PRAVDEPODOBNOTI ( $n_f$ ) PRE HORĽAVINY [ 1 ]**

Látka (referenčné číslo)	Bezpečnostné oparenia - počet tlakových fliaš	Parameter
Horľavý plyn (7,13)	Samočinné hasiace zariadenie	+ 0,5
Horľavý plyn (10)	Dvojité obal	+ 1
Horľavý plyn (13)	Požiarna stena	+ 1
	Samočinné hasiace zariadenie	+ 0,5
	5 - 50 skladovaných tlakových fliaš	+ 1
	50 – 500 skladovaných tlakových fliaš	0
	> 500 skladovaných tlakových fliaš	- 1

**TABUĽKA XII KOREKČNÝ PARAMETER INDEXU PRAVDEPODOBNOTI ( $n_o$ ) PRE ORGANIZAČNÚ BEZPEČNOSŤ<sup>a</sup> [ 1 ]**

Nadpriemerné bezpečnostné opatrenia	+ 0,5
Priemerné bezpečnostné opatrenia	0
Podpriemerné bezpečnostné opatrenia	- 0,5
Nedostatočné bezpečnostné opatrenia	- 1
Neexistujúce bezpečnostné opatrenia	- 1,5

**TABUĽKA XIII KOREKČNÝ PARAMETER INDEXU PRAVDEPODOBNOTI ( $n_p$ ) PRE SMER VETRA SMEROM K OBÝVANÉMU (OBÝVANÝM) ÚZEMIU (ÚZEMIAM) V ZASIAHNUTEJ ZÓNE [ 1 ]**

Kategória územia*	Časť územia (%), kde žijú ľudia **				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	0	0	0	0	0
II	0	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5
III	0	+ 0,5	+ 0,5	+ 1	+ 1,5

\* pozri príručku MAAE

\*\* pozri príručku MAAE, odpovedá % zasiahnutého územia s osídlením

**TABUĽKA XIV PREVOD INDEXU PRAVDEPODOBNOTI (N) NA PRAVDEPODOBNOTŤ  $P_i$  (udalosť/rok)<sup>b</sup> [ 1 ]**

<sup>a</sup> Tu je zahrnutých niekoľko faktorov: bezpečnostný riadiaci systém, vek zariadenia, dokumentácia a postupy, bezpečnostná kultúra, vzdelávanie, havarijné plánovanie, atď.

Hoci je známe, že pre stanovenie rizika sú tu opísané faktory dôležité, nie je možné vypracovať všeobecnú metódu, ktorá by ich všetky zohľadňovala.

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0,5	$3 \cdot 10^{-1}$	5,5	$3 \cdot 10^{-6}$	10,5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1,5	$3 \cdot 10^{-2}$	6,5	$3 \cdot 10^{-7}$	11,5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2,5	$3 \cdot 10^{-3}$	7,5	$3 \cdot 10^{-8}$	12,5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3,5	$3 \cdot 10^{-4}$	8,5	$3 \cdot 10^{-9}$	13,5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4,5	$3 \cdot 10^{-5}$	9,5	$3 \cdot 10^{-10}$	14,5	$3 \cdot 10^{-15}$

Z vyššie uvádzaných tabuliek je zrejмый postup expertného stanovenia príslušnej pravdepodobnosti :

- Určiť korekčný parameter indexu pravdepodobnosti  $n_o$  (Tabuľka XII).  
*Tento parameter zodpovedá organizačným a riadiacim bezpečnostným aspektom, ako sú vek zariadenia, kvalita bezpečnostného riadiaceho systému, existencia a kvalita bezpečnostných postupov, kvalita a prax údržby a existencia evakuačných a havarijných plánov, atď. Určovaniu tohto parametra by sa mala venovať dostatočná pozornosť.*
- Určiť korekčný parameter indexu pravdepodobnosti  $n_p$  (Tabuľka XIII).  
*Tento parameter zohľadňuje pravdepodobnosť smeru vetra smerom k obývaným územiám, ktoré boli predtým identifikované ako najdôležitejšie v kruhovom území, ktorého polomer je maximálny dosah účinkov.*

*Parameter sa neaplikuje na havárie so symetrickými účinkami (t.j. kruhové zasiahnuté územie, kategória zasiahnutého územia I, typické pre výbuchy (pozor, jedná sa o odlišné označenie od označenia použitého pri modifikovanej metóde uvedenej v prílohe č. 1 vyhlášky č. 489/2002 Z.z.).*

V prípade zasiahnutých území nepokrývajúcich kruh (kategórie zasiahnutého územia II a III, typické pre rozptýlené nebezpečné látky), musí užívateľ zohľadniť rovnaký kruhový výsek, aký bol zohľadnený pre korekčnú koeficient  $f_p$ . Ak zasiahnuté územie nepokrýva kruh, ale ľudia bývajú všade okolo činnosti, je parameter nulový.

- Vypočítať index pravdepodobnosti  $N_{i,s}$  podľa príslušnej rovnice.
- Previesť index pravdepodobnosti na pravdepodobnosť  $P_{i,s}$  pomocou tabuľky XIV alebo priamo pomocou definície N.
- Opakovať všetky tieto kroky pre všetky stacionárne zariadenia a činnosti.

<sup>b</sup> N je absolútna hodnota logaritmu P ( $N = | \log_{10} P |$ ).

## 2.0 ZÁVERY PRE URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE V PRÍPADE APLIKÁCIE METODIKY MAAE

„Príručka pre klasifikáciu a stanovenie priorít rizík vyplývajúcich zo závažných havárií vo výrobných a príbuzných priemyselných odvetviach“, označovaná v tejto metodologickej príručke ako príručka MAAE bola vydaná v rámci špecifických programov systematickej technickej pomoci MAAE iným priemyselným odvetviam a jej hlavným poslaním je skutočne to, čo je uvedené v jej názve. Jednotlivé zdroje rizika totiž identifikuje a hodnotí v širšom kontexte s cieľom určiť tie rizikové zariadenia a činnosti, ktoré sú pre dané výrobné odvetvie charakteristické a majú majoritné dopady na výsledné riziko.

Práve preto je príručka MAAE a jej postupy vhodná pre použitie v rozhodovacích procesoch (kontrola a riadenia rizika) štátnej správy. Pre samotné podniky má však aplikácia postupov príručky MAAE len malý význam.

V Českej republike na túto skutočnosť poukázalo už viacero autorov [5].

Príručka MAAE však umožňuje s dostatočne vysokou konzervatívnosťou, ale aj objektivnosťou odhadnúť (stanoviť) pravdepodobnosť vzniku závažnej havárie a tiež aj ZPH v podniku podliehajúcim režimu zákona č. 261/2002 Z.z., za predpokladu dôsledného zohľadnenia špecifických faktorov posudzovaného podniku (prevádzkovateľa), akými sú napríklad bezpečnostný riadiaci systém, systém riadenia kvality, vek a čerpanie životnosti zariadení a rizikových technológií, dostupnosť a aktuálnosť dokumentácie a pracovných postupov, bezpečnostná kultúra, vzdelávanie pracovníkov, havarijné plánovanie, atď..

Príručka MAAE môže preto slúžiť aj ako metodický návod pre detailnú analýzu rizika jednoduchších rizikových technológií, resp. podnikov s jednou alebo aj s niekoľkými vybranými nebezpečnými látkami. Je potrebné si však uvedomiť, že výsledky týchto rizikových analýz budú pre prevádzkovateľa konzervatívne a prakticky len málo použiteľné v procese riadenia rizika.

Postupy pre zohľadnenie aktívnych a pasívnych bezpečnostných opatrení sú však v príručke MAAE veľmi zrozumiteľné a prehľadné. Problémom je, že sa opiera o obecnú (generickú) databázu, čo limituje jej použitie u starších podnikov. Pokiaľ sa v nej prezentované postupy uplatnia pri rizikovej analýze a hodnotení rizika nového podniku, potom sú aj výsledky detailnej analýzy rizika v tomto podniku plne akceptovateľné.

Iná situácia však môže nastať v prípade, keď sa prezentované postupy použijú v existujúcom, už dlhodobo prevádzkovanom podniku. Ak v prevádzkovanom podniku sa na rizikovej technológii, či zariadení nevyskytli po celú dobu prevádzky žiadne závažnejšie poruchy či havárie, potom je možné použitie príručky MAAE k detailnej rizikovej analýze akceptovať. Taktiež je možné akceptovať použitie príručky MAAE aj v prípadoch, kedy sa v podniku na príslušných rizikových technológiách a zariadeniach už vyskytli závažné poruchy, resp. havárie, avšak podnik prijal po ich výskyte také opatrenia, ktoré ich opakovaný (ďalší) výskyt už vylučujú alebo ho minimalizujú.

V žiadnom prípade nie je možné použitie postupov stanovenia pravdepodobnosti výskytu ZPH uvádzaných v príručke MAAE v prípadoch, kedy v hodnotenom podniku sa už závažná priemyselná havária vyskytla, resp. v podniku sa opakovane vyskytujú také iniciačné poruchy a havárie, ktoré sa za určitých predpokladov a podmienok mohli rozvinúť do závažných priemyselných havárií.

## 2. Ťažisková časť

### **Expertný odhad pravdepodobnosti výskytu (vzniku) havárií na základe aplikácie generických alebo špecifických údajov o priemyselných haváriách**

#### **1.0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE APLIKÁCIE GENERICKÝCH ÚDAJOV**

Ako bolo konštatované v závere predchádzajúcej časti príručka MAAE umožňuje síce odhadnúť (stanoviť) pravdepodobnosť vzniku ZPH v podniku podliehajúcim režimu zákona č. 261/2002 Z.z., avšak je treba podotknúť, že toto stanovenie je len hrubé a pre podnik často aj veľmi prísne. Príručka je tiež orientovaná skôr na energetické a strojárenské odvetvia priemyslu než na chemický priemysel a jeho zariadenia.

Uvedená skutočnosť môže byť pri určitých objektoch a zariadeniach v chemickom priemysle limitujúca, aj z hľadiska prípadnej aplikácie generických (obecných) hodnôt pravdepodobnosti vzniku ZPH.

V závere 1. ťažiskovej časti tejto práce bolo poukázané aj na ďalšie aspekty, ktoré limitujú možnosti aplikácie príručky pri detailnej analýze rizika.

Je pravdou, že už začiatkom 80-tych rokov minulého storočia sa ukázalo, že rozšírenie pravdepodobnostných analýz na chemický priemysel je žiadúce, lebo ich použitie umožňuje kvantifikovať existujúce riziko, odhaliť slabé miesta a prijať výpočtami podložené návrhy na zvýšenie bezpečnosti, avšak problémom bolo získanie požadovaných vstupných údajov do týchto analýz. Pre určenie pravdepodobnosti vzniku ZPH na danej technológii alebo na zariadení je prvoradé určiť (odhadnúť) pravdepodobnosti vzniku iniciačných udalostí (porúch) týchto ZPH.

Pre chemický komplex Rijnmond pri Rotterdame bola napríklad spracovaná štúdia rizika, ktorá bola publikovaná v 1982 roku [2] a stala sa akýmsi pilotným projektom hodnotenia rizika v chemickom priemysle. Predmetom tejto štúdie bolo šesť objektov, kde sa skladovali a spracovávali veľké množstvá nebezpečných chemických látok. Jednalo sa o :

- Nádrž akrylonitrilu (ACN) s objemom 3 700 m<sup>3</sup> a systém rozvodu s potrubnými trasami a čerpadlami. Nádrž bola vybavená stabilným hasiacim zariadením a systémom na chladenie stien nádrže.
- Nádrž amoniaku (NH<sub>3</sub>), ktorá patrila chemickému závodu na výrobu umelých hnojív. Amoniak bol v skvapalnenom stave pod tlakom pri teplote okolia. Objem nádrže bol 1000 m<sup>3</sup> s obsahom 250 000 kg, čo zodpovedalo 40% celkovej kapacity nádrže. Bol inštalovaný havarijný systém, ktorý sa uvádzal do chodu v havarijných situáciách (napr. od signálu vysoká hladina v nádrži).
- Päť nádrží chlóru, každá z nich s objemom 90 m<sup>3</sup> a obsahom 100 t tekutého chlóru. Jedna z piatich nádrží bola stále prázdna a slúžila ako odľahčovacia nádrž pre prípad pretlaku. Celková kapacita systému bola 400 t tekutého chlóru. Bolo nainštalovaných niekoľko kontrolných bezpečnostných systémov na reguláciu hladiny a tlaku v nádržiach s indikáciou parametrov vo velíne.



- Dve nádrže skvapalneného zemného plynu (LNG), každá s kapacitou 57 000 m<sup>3</sup>. Keďže LNG bolo uskladnené pri teplote -162°C, boli použité nádrže s dvojitou stenou. Medzi vnútornou a vonkajšou stenou bola špeciálna izolácia hrúbky 1m. Do analýzy boli zahrnuté i pomocné zariadenia pre prevádzku, plnenie a vyprázdnenie nádrží.
- Dve nádrže propylénu (spolu 1200 t). Ovládanie systému bolo z miesta ručne. Parametre systému boli indikované len lokálne.
- Odsírovacie zariadenie, pri ktorom vznikal sírovodík (H<sub>2</sub>S). Únik H<sub>2</sub>S bol monitorovaný. V prípade veľkého úniku odstavením napájania pary do procesu sa tvorba H<sub>2</sub>S značne zmenšila.

Použitím metód pravdepodobnostného hodnotenia rizika, tj. obdobných metód aké sa už používali v jadrovej-energetickom priemysle, sa vyhodnotilo riziko plynúce z prevádzky a skladovania nebezpečných látok v jednotlivých objektoch. Výsledky a postupy tohto hodnotenia sú dodnes hodnotené ako realistické, vierohodné a spoločensky akceptovateľné, resp. pre vybrané rizikové technológie aj spoločensky neakceptovateľné. Pre umožnenie ich ďalšieho hodnotenia a porovnávania v tejto práci sú uvedené v nasledujúcej tab. č. 1.

**Tabuľka č. 1 Výsledné hodnoty rizikovej analýzy vybraných objektov v chemickom komplexe Rijnmond pri Rotterdame [2]**

Objekt	Počet úmrtí [rok <sup>-1</sup> ]		Individuálne riziko smrti zamestnanca za rok
	personál	obyvateľstvo	
Akrylonitril	2,1.10 <sup>-3</sup>	7,9.10 <sup>-6</sup>	6,6.10 <sup>-6</sup>
Amoniak	2,1.10 <sup>-3</sup>	2,0.10 <sup>-4</sup>	2,0.10 <sup>-6</sup>
Chlór	1,1.10 <sup>-2</sup>	3,6.10 <sup>-3</sup>	5,1.10 <sup>-5</sup>
LNG	1,5.10 <sup>-7</sup>	6,8.10 <sup>-10</sup>	5,7.10 <sup>-9</sup>
Propylén	1,1.10 <sup>-4</sup>	3,7.10 <sup>-5</sup>	7,7.10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> S	1,0.10 <sup>-6</sup>	0	2,1.10 <sup>-9</sup>

Ak by sme porovnali tieto prvé výsledky pravdepodobnostnej rizikovej analýzy pre špecifické objekty vybraného chemického podniku s výsledkami modelovej rizikovej analýzy príslušných objektov vyššie uvádzaného podniku, realizovanej s generickými hodnotami a postupmi prevzatými z príručky MAAE (pri zohľadnení uvedených bezpečnostných opatrení), došli by sme aj dnes k minimálnym rozdielom.

Výsledne hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej priemyselnej havárie s hodnotením dopadov na obyvateľstvo a prevádzkový personál sú pri aplikácii metód pravdepodobnostného inžinierstva veľmi blízke (maximálne rozdiely sú na úrovni 1. rádu, s určitými predpokladmi pri zohľadnení počtu ohrozených osôb).

Uvedená skutočnosť poukazuje na veľmi vysokú výpovednú schopnosť postupov a metód pravdepodobnostného inžinierstva, a tiež na ich dostatočne vysokú objektivitu a vierohodnosť. Je potrebné si uvedomiť, že v tej dobe (začiatok 80-tych rokov) boli v mnohých prípadoch pre nedostatok obecných údajov o výskyte havárií a porúch na príslušných technológiách použité v rizikových analýzach len inžinierske odhady.

Výsledné riziko z odsírovacieho zariadenia bolo hodnotené ako veľmi nízke z dôvodu vybavenia zariadenia spoľahlivými bezpečnostnými systémami. Pri aplikácii postupov podľa príručky MAAE je toto riziko o niečo vyššie (je možná až kategória dosahu účinkov D III), avšak aj v tomto prípade sa jedná len o dopady na prevádzkový personál.

Podobne aj závod LNG predstavoval malé riziko pre obyvateľstvo, lebo bol umiestnený ďaleko od obývanej časti a nádrže boli vybavené špeciálnou ochrannou obálkou (dvojitý plášť). Riziko z akrylonitrilu bolo malé pre obyvateľstvo, ale bolo pomerne vysoké pre prevádzkový personál, čo však bolo práve z dôvodu vysokej frekvencie výskytu havarijných iniciačných udalostí.

Pri zohľadnení vtedajších a dnešných postupov pravdepodobnostného hodnotenia rizika prezentovaných v príručke MAAE je (ale aj bolo) spoločenské riziko pramienice zo závažných porúch a havárií na nádržiach a technológii amoniaku, chlóru a propylénu vysoké. Uvedené výroby sú práve z tohto dôvodu dnes silne obmedzované hlavne v prípadoch, kedy sa nachádzajú v oblastiach s vyšším osídlením (kategória účinkov až G III).

Pravdepodobnostná štúdia rizika pre chemický komplex Rijnmond bola referenčnou štúdiou, ktorej cieľom bolo okrem hodnotenia rizika aj posúdenie vhodnosti pravdepodobnostných metód na aplikáciu v chemickom priemysle. V porovnaní jej postupov s aplikáciami postupov na jadrové elektrárne boli zistené viaceré rozdiely, ktoré sa dajú špecifikovať nasledovne :

- rizikové chemické podniky a ich technológie sa líšia od jadrových elektrární a ich rizikových technológií hlavne lokalizáciou nebezpečných látok, koncepciou prevádzky a bezpečnosti,
- kompaktnosť a viacbariérová koncepcia ochrany (zabezpečenia bezpečnosti) jadrových blokov je v kontraste s rozložením nebezpečných látok a materiálov v chemických podnikoch - rozloženie na veľkej ploche a zabezpečené často len systémom jedinej bezpečnostnej bariéry,
- chémia si vyžaduje odlišný prístup pri identifikácii iniciačných udalostí porúch a havárií a pri analýze dominantných havarijných reťazcov, pretože časové závislosti sú pri rozvoji nežiadúcich havarijných interakcií veľmi dôležité,
- kvalita spoľahlivostných databáz o poruchách komponentov a systémov, hlavne však špecifických spoľahlivostných databáz je v chémii veľmi nízka, aj v štúdiu pre komplex Rijnmond sú pre nedostatok obecných štatistických údajov často využívané inžinierske odhady,
- veľký počet rôznych látok a prípravkov, využívaných v chemickom priemysle komplikuje určenie ich zdravotných vplyvov v porovnaní s dostatočne preskúmanými zdravotnými vplyvmi z pôsobenia rádioaktívnych materiálov.

Napriek vyššie uvádzaným skutočnostiam a faktom ukazuje sa, že výsledky pravdepodobnostných rizikových analýz realizovaných pre identické, resp. podobné chemické technológie sú rovnaké, alebo aspoň porovnateľné, čo sa nedá povedať pri použití iných metód. Práve na uvedenú skutočnosť poukázali tzv. „porovnávacie testovacie analýzy veľkých nebezpečí“ vykonané v období 1988-90 pre sklad amoniaku – ako referenčný podnik [3].

Cieľom týchto testovacích rizikových analýz bolo určiť aplikovateľnosť rôznych metód hodnotenia rizika, získať kvantitatívne odhady úrovne neistôt vo výsledkoch analýz (na základe ich porovnania) a definovať stav znalostí a výpočtových možností pre zdanlivo jednoduché skladovacie zariadenie (s jedinou vybranou nebezpečnou látkou).

Hodnotiace rizikové analýzy spracovalo 11 pracovných teamov z 25 organizácií z rôznych krajín Európy. Jednalo sa o výskumné ústavy, úrady štátnej správy, projekčné pracoviská a tiež výskumné skupiny z vybraných priemyselných podnikov. Napriek značnému rozptylu výsledných hodnôt, ktorý sa očakával, jasne sa ukázalo, v čom je príčina týchto rozdielov, čo bolo aj hlavným výsledkom celého projektu [3].

Dnes je zrejmé, že k tomu, aby úroveň pravdepodobnostných rizikových analýz a štúdií v chemickom priemysle dosiahla úroveň analýz a štúdií spracovaných pre jadrové elektrárne, musia byť splnené predovšetkým nasledovné podmienky súvisiace s prípravou vstupných údajov do týchto prác :

- je potrebné realizovať systematický zber údajov o spoľahlivosti prvkov v chemickom procese a výsledky tohto zberu aj otvorene prezentovať pre odbornú verejnosť,
- je potrebné zabezpečiť systematickú analýzu prevádzkových skúseností, ktoré by umožnili získať spoľahlivé informácie o iniciačných udalostiach havárií a frekvencii ich výskytu,
- musia sa zdokonaľiť a zjednotiť modely atmosferickej disperzie výbušných a jedovatých chemických látok a určiť ich zdravotné vplyvy.

Vyššie uvádzané špecifiká chemického priemyslu určitým spôsobom limitujú možnosti komplexného nasadenia PSA, resp. PRA (Probabilistic Safety, Risk Assessment – Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti, rizika), ktoré sa v priebehu niekoľkých posledných rokov stalo vo svete alternatívnou metodológiou pre identifikáciu a kvantifikáciu rizika (alternatívna voči zaužívaným deterministickým a legislatívnym postupom). Riziko totiž nie je možné popisovať, musí sa kvantifikovať a ak sa má kvantifikovať, potom musíme poznať pravdepodobnosť vzniku nežiadúcej udalosti a tiež poznať jej následky.

V zákone č. 261/2002 Z.z. sa jasne deklaruje rovnosť posudzovania následkov ZPH na život a zdravie ľudí, životné prostredie a majetok, z čoho vyplýva, že pri analýzach rizika pre potreby tohto zákona sa musíme opierať hlavne o stanovenie pravdepodobnosti vzniku ZPH, jej porovnanie a následné posúdenie jej spoločenskej akceptovateľnosti, čo je však mimoriadne náročné.

V pravdepodobnostných metodikách hodnotenia rizika je totiž veľmi dobre známa skutočnosť, že výsledné sumárne riziko “bežných” (častých) nežiadúcich udalostí s veľkou pravdepodobnosťou vzniku, ale s malými následkami, na ktoré sa prevádzkovatelia rizikových technológií poistujú je často zanedbateľné oproti špecifickému riziku vyplývajúcemu z výskytu takmer nepravdepodobnej závažnej havárie (udalosti, javu) so zanedbateľnou (minimálnou) pravdepodobnosťou vzniku (na úrovni napr.  $10^{-10}$  udalostí . rok<sup>-1</sup>), ktorej následky sú však katastrofické. Na tieto havárie sa však prevádzkovatelia rizikových technológií pokiaľ nemusia tak ani nepoistujú.

Práve preto z hľadiska zákona č. 261/2002 Z. z. má svoj význam a zmysel každá riziková analýza, aj keď je realizovaná s použitím prevzatých generických

(obecných, štatistických) údajov o pravdepodobnosti výskytu iniciačných poruchových a havarijných udalostí a javov, ktoré môžu následným rozvojom havarijného scenára prerásť do ZPH.

Výsledky takejto rizikovej analýzy sú totiž vždy obecné porovnateľné, tj. vždy je možné identifikovať a zhodnotiť analyzované havarijné reťazce a scenáre a špecifikovať, prečo sa výsledné hodnoty z príslušnej analýzy líšia od výsledkov obdobných analýz, ktoré sú realizované taktiež s obecnými vstupnými údajmi. Pokiaľ vieme presne identifikovať rozdiely (chyby) na strane vstupov do týchto analýz, potom vieme objektívne posúdiť aj výsledky, a tým aj každú rizikovú analýzu.

Práve uvedená skutočnosť poukazuje na jednoznačnú výhodu aplikácie pravdepodobnostných analýz a hodnotení rizík závažných havárií a tiež ZPH aj s použitím generických databáz o spoľahlivosti, resp. poruchovosti príslušných technológií a ich komponentov. Je tak možné bez problémov analyzovať akékoľvek (aj celkom nepravdepodobné) iniciačné udalosti týchto havárií (napr. aj pád meteoritu na rizikovú prevádzku ap.) a tiež odozvy reálnych systémov na vznik iniciačných porúch a ich potenciálne prerastanie (rozvoj) do závažnej havárie.

V posledných rokoch bolo realizovaných v krajinách EÚ pre chemické prevádzky a podniky veľké množstvo rizikových analýz s použitím metód pravdepodobnostného inžinierstva a s použitím generických databáz (pozri referencie v prílohe č. 1 tejto metodologickej príručky), pri ktorých sa využívali hlavne generické databázy o výskyte závažných (veľkých) priemyselných havárií a nehôd, o ich iniciačných udalostiach, o poruchovosti systémov a komponentov, ale aj generické údaje o zlyhaní ľudského činiteľa, výskyte externých udalostí (záplavy, zemetrasenia ap.), sabotáží a iných nežiadúcich javov.

Boli to databázy, resp. aj štatistické informácie získané z uznávaných pracovísk a centier v tejto oblasti hlavne v USA, kde použitie kvantitatívnych metód pri analýze a posudzovaní rizika (QRA) v chemickom priemysle je už naprostou samozrejmosťou a sú tam už od 80-tych rokov minulého storočia vytvorené jednotné a systematické postupy pre tieto analýzy a hodnotenia, nielen v jadrove-energetickom, ale aj v chemickom priemysle.

Vyššie uvádzaná skutočnosť jednoznačne poukazuje na to, prečo sa krajiny EÚ zatiaľ ešte nedostali v tejto oblasti na úroveň USA. Napriek snahám o zjednotenie príslušných metód hodnotenia rizika v rámci EÚ, ako aj posledným aktivitám výskumného centra v Ispre (Taliansko), stále nie je docenený význam doterajších prác renomovaných organizácií v USA (pozri prílohu č. 3 tejto metodologickej príručky, kde je zachytený zoznam profesionálnych privátnych a štátnych inštitúcií v uvedenej oblasti a tiež stručný zoznam návodov a postupov najznámejšej americkej inštitúcie venujúcej sa tejto problematike).

Podstatné na tom z hľadiska tejto práce je, že obecné (generické) vstupné údaje pre QRA ale aj PSA, či PRA od :

- Center for Chemical Process Safety (American Institute of Chemical Engineers), New York, USA,
- Chemical Manufacturers Association, Washington, USA,
- American Society of Safety Engineers, Illinois, USA,
- Nuclear Regulatory Commission (NRC), Washington, USA,
- Chemical Industry and Health Council, London, United Kingdom,
- Institute of Chemical Engineers, London, United Kingdom,

ale aj od ďalších 20-30 renomovaných pracovísk v tejto oblasti vo svete sú už plne akceptovateľné a nedochádza k ich spochybňovaniu ani v krajinách EÚ.

V posledných rokoch sú často prezentované údaje, ktoré poskytuje pre príslušné analýzy indické "Centrum priemyselných havárií s počítačovou podporou" (KHAM Embassy).

Práve posledne uvádzané skutočnosti poukazujú na to, že vierohodnosť generických vstupných údajov je veľmi vysoká a neustále sa zvyšuje aj preto, lebo sa výrazne zlepšuje celosvetová informovanosť o ZPH a tiež o tzv. „skoro ZPH“.

Zvyšovanie kvality týchto údajov vedie aj k vzrastaniu ich vierohodnosti a objektívnosti, a práve preto ich už požadujú nielen samotné podniky, ale aj orgány štátnych dozorov.

Aj keď krajiny EÚ ešte nedospeli v tejto oblasti k jednotnému postupu Anglicko, Holandsko, Belgicko a Nemecko sa snažia o presadenie QRA v tejto oblasti, čo prezentovali aj pri vytváraní „Spoločného výskumného centra Európskej komisie (DG JRC)“ v meste Ispra v severnom Taliansku.

Je faktom, že existujúce, dostupné a rozsiahle generické databázy o ZPH a poruchovosti komponentov, nevyhnutné pre prípravu vstupov do QRA, akými sú napríklad :

- Component Reliability Database, Center for Chemical Process Safety (American Institute of Chemical Engineers), East 47<sup>th</sup> Street, New York, USA, 1992,
- Report EUR 18 733 EN – Accident scenarios and emergency response, Institute for Systems Informatics and Safety, 1999,
- TNO – Methods for the determination of Possible Damage, CPR 16 E CIP – Data of the Royal Library, Hague, 1989,
- Systems Analysis for Hands-on integrated Reliability Evaluations, Lockheed Martin Idaho Technologies Company, Inc., USA, 1994,

ale aj komerčne voľne dostupné databázy z :

- Príručky IAEA-TECDOC-478 „Component Reliability Data for Use in Probabilistic Safety Analysis“, MAAE, Rakúsko, Viedeň, 1988

umožňujú dostatočne vierohodne pracovať pri detailnej QRA aj s obecnými údajmi.

Napriek uvádzaným skutočnostiam sa môže stať, že aj tieto generické údaje budú pre podnik príliš konzervatívne (tvrdé). Hlavne k tomu môže dôjsť pri nových podnikoch, ktoré investovali do svojej bezpečnosti. V ich prípade generické údaje zohľadňujúce určité celosvetové štatistické informácie za dlhšie obdobia sledovania nebudú v dostatočnom rozsahu vystihovať ich skutočné technické riešenie a zabezpečenie bezpečnosti. Analýza rizika a následné hodnotenie rizika v týchto podnikoch však bude zohľadňovať skutkový stav zabezpečenia ich bezpečnosti, takže viacbariérové bezpečnostné riešenia (bezpečnostné redundancie) sa zákonite pozitívne prejavujú aj vo výsledkoch týchto analýz.

Posledné informácie z Českej republiky poukazujú na problémy v tejto oblasti pri použití metodologickej príručky MAAE, čo sa však predpokladalo, pretože jej postupy sú jednoznačne deterministické (konzervatívne) [5].

## 2.0 URČENIE PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE APLIKÁCIE ŠPECIFICKÝCH ÚDAJOV

Príručka MAAE, ale aj iné medzinárodne uznávané metodické postupy využívajúce obecné údaje umožňujúce stanoviť pravdepodobnosť vzniku ZPH v podniku podliehajúcim režimu zákona č. 261/2002 Z.z. sa stávajú spoločensky neakceptovateľnými (a tým aj nepoužiteľnými) pre toto stanovenie v prípadoch, kedy sa ZPH v podniku už vyskytla, alebo aj vtedy, ak v podniku dochádza k častému výskytu iniciačných poruchových a havarijných scenárov, ktoré potencionálne môžu viesť k prerastaniu týchto porúch a havárií do závažnej priemyselnej havárie.

V týchto prípadoch bude pri hodnotení rizika zo strany štátneho dozoru jednoznačne uplatňovaný taký postup analýzy rizika, ktorý plne zohľadní existujúce špecifiká podniku, tj. štátnou správou (dozorom) bude pre kvantifikovanie pravdepodobnosti vzniku závažnej priemyselnej havárie požadované použitie špecifických vstupných údajov o poruchách a haváriách na jednotlivých rizikových prevádzkach. Týmto spôsobom sa zabezpečí objektivnosť a vierohodnosť výsledkov rizikovej analýzy.

Tento prístup je však už z hľadiska samotnej aplikácie v podniku oveľa zložitejší, pretože si vyžaduje detailné oboznámenie sa jednak s históriou prevádzky príslušného podniku a jednak s technickým riešením jednotlivých systémov, zariadení a technológií ako aj so systémami ich kontroly a riadenia.

V prípadoch, kedy sa pri aplikácii generických databáz len prevzali príslušné údaje, bude potrebné kvantifikovať spoľahlivosť systémov (komponentov) rozhodujúcich o bezpečnosti podniku z hľadiska možnosti vzniku ZPH. K tomu sú potrebné napríklad údaje o nepohotovosti prvkov (komponentov) pri požiadavke na ich zapracovanie (štart havarijných čerpadiel, spustenie stabilného hasiaceho zariadenia ap.) a pravdepodobnosti porúch vybraných komponentov v prevádzke, ktorých porucha môže viesť k ZPH.

Z praktického hľadiska, ak budeme sledovať len bezpečnostné systémy, potom nepohotovosť takéhoto systému (jeho prvkov) pri štarte (q) je pravdepodobnosť jeho zlyhania pri výzve k činnosti. Ak však daný bezpečnostný systém nezpracuje, potom v závislosti na jeho zálohovaní, alebo nezálohovaní môžeme očakávať aj vznik ZPH (ak nie sú k dispozícii v požadovanom čase požadované činnosti alebo systémy pre likvidáciu havárie).

Rozlišujú sa tri druhy systémov (prvkov), ktorých nepohotovosť pri štarte je vyjadrená nasledujúcimi zjednodušenými vzťahmi:

- Neopraviteľný systém (prvok)

$$q = \frac{1}{2} \lambda L + p$$

kde:  $\lambda$  – intenzita porúch prvku vo vyčkávacom režime,

L – sledované časové obdobie,

p – pravdepodobnosť zlyhania pri výzve k činnosti

- Monitorovný systém (prvok)

$$q = \lambda R + m/M$$

kde: R – stredný čas na opravu,

m – čas trvania údržby,

M – stredný čas medzi dvoma údržbami

Tento systém je nepohotový len počas opravy a údržby, lebo o výskyte poruchy obsluha okamžite získava informáciu.

- Periodicky testovaný systém (prvok)

$$q = \frac{1}{2} \lambda T + p + q_0 d/T + m/M$$

kde: T – dĺžka testovacieho intervalu,  
d – čas trvania testu,  
q<sub>0</sub> – nepohotovosť počas testu

Prvý člen na pravej strane rovnice je príspevok od náhodných porúch medzi dvoma testmi, druhý je príspevok od testu a tretí je príspevok od údržby k nepohotovosti.

Pravdepodobnosť, že systém po úspešnom štarte nebude schopný prevádzky počas celého požadovaného časového intervalu, je daná vzťahom :

$$u = \lambda_0 t$$

kde: λ<sub>0</sub> – intenzita porúch prvku v prevádzke,  
t – vyžadovaný čas prevádzky

Z vyššie uvedeného je zrejmé, že pri požiadavke na aplikáciu špecifických údajov o rizikovej prevádzke pri detailnej analýze rizika bude potrebné aj detailné skúmanie (zisťovanie) jednotlivých parametrov, tj. analýza dát o poruchovosti. Pokiaľ podnik viedol príslušné štatistické informácie o svojej doterajšej prevádzke, vrátane informácií o poruchách a haváriách, potom nie je problémom určenie nasledovných parametrov :

Intenzita porúch :

$$\lambda = x/T \cdot n$$

kde: x ... počet porúch,  
T ... sledované obdobie,  
n ... počet sledovaných prvkov.

Pravdepodobnosť poruchy pri výzve k činnosti :

$$p = x/y$$

kde: x ... počet porúch,  
y ... počet požiadaviek.

Nepohotovosť pre údržbu :

$$p_n = m/M$$

kde: m ... doba trvania údržby,  
M ... sledovaná doba (1 rok).

Následná riziková analýza pri jednoduchých systémoch sa potom môže realizovať aj ručne, pretože pravdepodobnosťou vzniku ZPH v takýchto prípadoch, kedy existuje len jediná bezpečnostná bariéra, je vlastne samotná intenzita porúch v príslušnej technológii vynásobená pravdepodobnosťou zlyhania tejto bariéry.

V nasledujúcej tab. č. 2 sú zachytené modelové postupy aplikované pre prípravu špecifických údajov do detailných analýz rizika (len ako príklad).

**Tabuľka č. 2 : Ukážka stanovenia špecifických hodnôt pravdepodobnosti výskytu iniciačných udalostí (IU) pre vybrané technologické prevádzky (sledované obdobie 27 rokov)**

Iniciačná udalosť	Počet udalostí	Frekvencia za rok*	Skupina IU (kód)**
1.1 Nežiadúce úniky z technológie	6	2,2 E-1	VSL
<b>Poruchy komponentov</b>			
1.1 Výpadok 1 alebo 2 čerpadiel	23	8,5 E-1	LOF1
1.2 Výpadok 3 a viac čerpadiel	1	3,7 E-2	LOF6
1.5 Falošné zapracovanie spírch	4	1,5 E-1	IRT
1.6 Falošné zapracovanie ohrievačov	1	3,7 E-2	RAT
2.1 Výpadok jedného poistného ventilu	6	2,2 E-1	PMF
2.2 Výpadok viac ako jedného ventilu	0	0,0 E+0	LMF
2.4 Prasknutie napájacieho potrubia	1	3,7 E-2	LMF
2.5 Porucha regenerácie napájania	12	4,4 E-1	PMF
2.6 Nadmerné napájanie kolóny	6	2,2 E-1	2TG
2.7 Strata niekoľkých kondenzačných čerpadiel	6	2,2 E-1	1TG
2.8 Strata vákua kondenzátora	4	1,5 E-1	1TG
2.9 Strata chladiacej vody	6	2,2 E-1	2TG
3.1 Nežiaduce zatvorenie rýchločinných armatúr	1	3,7 E-2	1TG
3.2 Zatvorenie rýchlozáver. ventilov	0	0,0 E+0	-

\* symbol E –1 (-2) reprezentuje údaj  $10^{-1}$  ( $10^{-2}$ )

\*\* kódové označenie príslušnej iniciačnej udalosti pre potreby počítačového spracovania

Príslušné údaje potom vstupujú do stromov porúch jednotlivých systémov. Analýza spoľahlivosti zložitých systémov sa vykonáva metódou stromu porúch (FTA). Rozvojom metód HAZOP v chemickom priemysle došlo k rozvoju aj tejto metodiky.

Strom porúch je logický diagram, ktorý využitím Boolovej logiky odvádza poruchu systému (vrcholová udalosť) od porúch jeho prvkov. Najčastejšie využíva logické členy A a ALEBO. Jednoduché stromy porúch môžeme vyhodnotiť aj ručne.

Zložité stromy vyžadujú počítačovú analýzu pomocou výpočtových programov na kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie stromov porúch. Výsledkom kvalitatívneho hodnotenia sú minimálne kritické rezy. Kvantitatívnymi výsledkami sú pravdepodobnosti zlyhania pre systém a minimálne kritické rezy.



### 3.0 ZÁVERY PRE URČENIE MOŽNOSTI APLIKÁCIE GENERICKÝCH ALEBO ŠPECIFICKÝCH VSTUPNÝCH ÚDAJOV

Použitie modifikovaných metód príručky MAAE pri predbežnom odhade rizika, v zmysle postupov vykonávacej vyhlášky č. 489/2002 Z.z., poskytuje skutočne len veľmi všeobecné - informatívne výsledky.

Použitie samotnej príručky MAAE pri analýze rizika ZPH má svoje obmedzenia, ktoré sú limitnými hlavne pre už dlhodobo prevádzkované výrobné technológie a zariadenia.

Len v málo prípadoch však je možné tvrdiť, že pri použití iných metód tzv. rýchleho odhadu (hodnotenia) rizika sa nimi dosiahnu oveľa objektívnejšie výsledky.

Predbežný odhad rizika v zmysle vyhlášky č. 489/2002 Z.z. nie je určený na nič iné, ako na čo najjednoduchšie informovanie štátnej správy a samotného vedenia podniku. V žiadnom prípade však nie je možné použiť modifikovanú metódu predbežného odhadu rizika pri skutočnej detailnej analýze rizika, tj. k hodnoteniu rizika ZPH.

Napriek určitým problémom s aplikáciou metodiky z príručky MAAE v ČR [5], za predpokladu objektívneho zohľadnenia špecifických faktorov posudzovaného podniku, akými sú napríklad bezpečnostný riadiaci systém, systém riadenia kvality, vek a čerpanie životnosti zariadení a rizikových technológií, dostupnosť a aktuálnosť dokumentácie a pracovných postupov, bezpečnostná kultúra, vzdelávanie pracovníkov, havarijné plánovanie, atď. je možné dosiahnuť s ňou oveľa objektívnejšie výsledky z hľadiska potrieb štátnej správy a štátneho dozoru, než s inými už zavedenými metodikami.

Príručka MAAE môže slúžiť ako metodický návod pre detailnú analýzu rizika jednoduchších rizikových technológií, resp. podnikov s jednou alebo aj s niekoľkými vybranými nebezpečnými látkami. Jej výhodou je aj to, že veľmi jednoducho rieši vnútropodnikový transport, vrátane nakládky a vykládky. Jej postupy pre zohľadnenie aktívnych a pasívnych bezpečnostných opatrení sú veľmi zrozumiteľné a prehľadné.

Príručka MAAE sa však opiera o všeobecnú (generickú) databázu, čo limituje jej použitie. Pokiaľ sa v nej prezentované postupy uplatnia pri rizikovej analýze nového podniku, potom sú aj výsledky detailnej analýzy rizika v tomto podniku plne akceptovateľné. Príručka je však skutočne určená pre klasifikáciu a stanovenie priorít rizík vyplývajúcich zo závažných havárií vo výrobné sfére a príbuzných odvetviach a vychádza z myšlienok, ktoré siahajú viac ako 20 rokov dozadu. Stala sa už morálne zastaralou. Vykonalo sa však veľa príliš nákladných a časovo náročných analýz rizík bez toho, aby zodpovedali všetky otázky, ktoré si kládla štátna správa, ako napr. :

- venovalo sa úsilie najdôležitejším priemyselným činnostiam?
- bolo úsilie venované s tým vedomím, že konečným výsledkom bude rozhodovanie s cieľom zlepšiť situáciu a riadiť riziko v podnikoch?

Preto sa hľadajú nové riešenia a nové prístupy, a preto sa presadzuje QRA. Príručka MAAE má dnes už 10 rokov. Súčasná situácia sa vyznačuje neustálym skvalitňovaním rizikových databáz, rastúcimi skúsenosťami najmä v oblasti analýzy a riadenia rizika, rozvojom softwarových nástrojov pre tieto analýzy.

Avšak v súčasnosti len niekoľko stoviek odborníkov vo svete je schopných posúdiť potrebu podrobnej analýzy, zohľadňujúc pri tom potrebu zredukovať relatívne vážne riziká a toto je si potrebné uvedomiť.

Riešenie celého problému je založené skutočne na zjednotení postupov hodnotenia rizika a presadení pravdepodobnostného prístupu k hodnoteniu rizika ZPH, teda v presadení QRA.

QRA potrebuje kvalitné a objektívne generické databázy údajov o ZPH, údajov o spoľahlivosti a poruchovosti komponentov, systémov a zariadení, a to stojí a padá na systémoch zberu a spracovania týchto údajov.

Nové postupy QRA, PSA, či PRA pre tzv. chemické priemyselné činnosti sa čoraz viac zameriavajú na hodnotenie individuálnych a spoločenských rizík s použitím špecifických podnikových databáz. Ukazuje sa, že tieto postupy sú oveľa prijateľnejšie nielen pre štátnu správu, ale aj pre samotné podniky, ktoré v tom začínajú vidieť zmysel a uplatnenie príslušných prác aj pre vlastné potreby pri riadení podnikov a pri tvorbe havarijných plánov (krízový manažment).

Zároveň sa tieto postupy stále viac a viac používajú v rozhodovacích procesoch a tiež v politických otázkach (budúce opatrenia, určenie zón, havarijné plánovanie, atď.), čo ich predurčuje na výraznejšie sa presadenie v najbližších rokoch. Neustále je však potrebné mať na zreteli, že aj podrobná (detailná) QRA so špecifickými údajmi má výrazné obmedzenia, ak sa používa absolútnym spôsobom. Jej výsledky sa však používajú a akceptujú preto, lebo neexistuje žiadna iná praktická objektívna alternatíva.

### **3. Ťažisková časť**

## **Určovanie celkovej hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej priemyselnej havárie na základe definovania (odhadu) čiastkových hodnôt**

### **1.0 ZJEDNODUŠENÁ MOŽNOSŤ URČENIA VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ PRIEMYSELNEJ HAVÁRIE**

Komplexná QRA (PSA, resp. PRA) si vyžaduje dôkladné oboznámenie sa s rizikovou technológiou (skladom) a príprava vstupov do nej je časovo veľmi náročná. Je potrebné získať veľké množstvo informácií. Ak túto QRA spracováva riešiteľský tím, ktorý dokonale pozná nielen projekt, ale aj skutkový stav riešenia príslušnej technológie, potom práve táto znalosť prevádzkových a bezpečnostných systémov im umožňuje vyselektovať z analýzy (hneď na jej začiatku) také havarijné scenáre, ktorých rozvoj nemôže nikdy prerásť do závažnej priemyselnej havárie. To si však vyžaduje identifikovať iniciačné udalosti závažných porúch a havárií hneď na začiatku práce. Iniciačné udalosti môžu byť pritom odvodené aj zo zoznamu týchto udalostí na podobných zariadeniach a technológiách alebo na základe deduktívnych analýz (napr. v spolupráci s prevádzkovým personálom).

Po zostavení zoznamu už len vybraných iniciačných udalostí, tj. len tých udalostí, ktoré sa môžu rozvinúť do závažnej priemyselnej havárie sa vytvoria skupiny týchto udalostí s rovnakými požiadavkami na bezpečnostné a zabezpečovacie systémy, pre ktoré sa až potom zostavia stromy udalostí.

Tento zjednodušený postup prináša so sebou hlavne časové úspory, pretože sa zbytočne neanalyzujú tie iniciačné reťazce, ktoré sa do závažnej havárie nikdy nemôžu rozvinúť, ale zároveň prináša so sebou aj možnosť veľmi efektívneho a prehľadného určenia celkovej výslednej hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej priemyselnej havárie na základe definovania čiastkových hodnôt pravdepodobnosti výskytu vybraných iniciačných udalostí a ich následného vynásobenia s pravdepodobnosťami zlyhania príslušných zabezpečovacích a bezpečnostných systémov.

Nevýhodou tohto postupu pri zložitých technológiách však je, že je pri ňom potrebné okrem dobrého poznania analyzovanej technológie aj veľmi dobré zvládnutie modelovania havarijných reťazcov metódou stromu udalostí, ktorým sú znázornené možné havarijné reťazce v závislosti od pohotovosti alebo nepohotovosti (nefunkčnosti) bezpečnostných a zabezpečovacích systémov.

Zber údajov sa aj v tomto prípade uskutočňuje za účelom získania frekvencie výskytu iniciačných udalostí, intenzity porúch prvkov, doby trvania opráv, testovacích intervalov, atď., ale len tých zariadení, systémov a komponentov, ktoré priamo vystupujú v príslušných havarijných reťazcoch. Prevádzkové systémy sa tak analyzujú len v požadovanom rozsahu, čo zasa vedie k výrazným časovým úsporám. Požadované údaje pritom môžu byť generické alebo špecifické.

Ďalšou výhodou tohto zjednodušeného postupu je možnosť zdefinovania dominantných havarijných reťazcov s najväčším príspevkom v celkovej výslednej

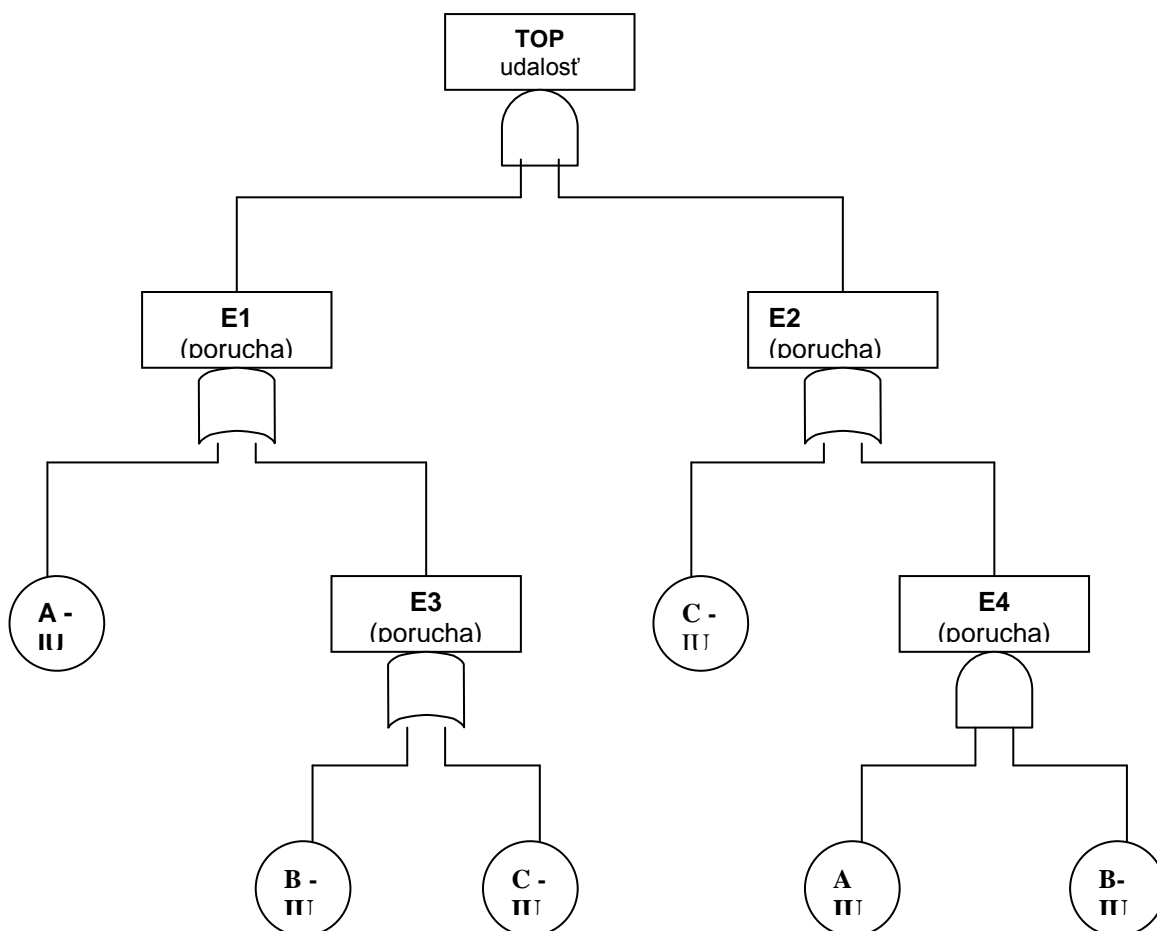
hodnote pravdepodobnosti vzniku závažnej priemyselnej havárie. Ak vieme nájsť dominantné havarijné reťazce, tak potom po ich následnej kvantifikácii môžeme vykonať hneď analýzu neurčitosti výsledkov, pretože najväčšie neurčitosti vo výsledkoch vznikajú vplyvom neurčitostí vstupných dát, najmä frekvencie výskytu iniciačných udalostí a intenzity porúch prvkov.

Prakticky je možné, ak vieme jednoznačne definovať dominantný havarijný reťazec, prezentovať túto zjednodušenú možnosť analýzy na nasledujúcom postupe.

Na obr. č. 1 je zachytený strom porúch, v ktorom už vrcholová „TOP“ udalosť predstavuje závažnú priemyselnú haváriu. Z uvedeného je zrejmé, že keď v tomto strome porúch dokážeme kvantifikovať pravdepodobnosti výskytu jednotlivých iniciačných udalostí (A, B, C – IU) tejto „TOP“ udalosti, potom vlastne kvantifikujeme aj výslednú pravdepodobnosť výskytu vrcholovej udalosti.

Strom porúch je totiž logický diagram, ktorý využitím Boolovej logiky odvádza poruchu systému (vrcholová udalosť) od porúch jeho prvkov. Najčastejšie využíva logické členy A a ALEBO, ktoré vlastne definujú logické väzby. Tak jednoduchý strom porúch, aký je na obr. č. 1 môžeme vyhodnotiť aj ručne.

**Obr. č. 1 Praktická ukážka aplikácie zjednodušeného postupu pre určenie výslednej hodnoty pravdepodobnosti výskytu závažnej priemyselnej havárie na základe definovania čiastkových hodnôt v strome porúch (IU – iniciačná udalosť)**



Príslušný strom porúch bol zachytený aj v prílohe „Metodického postupu pre hodnotenie rizík nebezpečných prevádzok“, ktorý vydalo MŽP SR v roku 2000, v rámci projektu metodickej prípravy podkladov rozpracovaného zákona o prevencii závažných priemyselných havárií [6].

Pri ručnom vyhodnocovaní tohto stromu porúch s využitím Boolovej logiky, ktorej pravidlá sú v nasledujúcej tab. č. 3 je možné postupne dopracovať sa k výslednej pravdepodobnosti výskytu vrcholovej udalosti.

**Tab. č. 3 Pravidlá Boolovej algebry**

Matematický symbol	Technický symbol	Označenie
(1a) $X \cap Y = Y \cap X$	$X^*Y = Y^*X$	Komutatívny zákon
(1b) $X \cup Y = Y \cup X$	$X+Y = Y+X$	
(2a) $X \cap (Y \cap Z) = (X \cap Y) \cap Z$	$X^*(Y^*Z) = (X^*Y)^*Z$ $X(YZ) = (XY)Z$	Asociatívny zákon
(2b) $X \cup (Y \cup Z) = (X \cup Y) \cup Z$	$X+(Y+Z) = (X+Y)+Z$	
(3a) $X \cap (Y \cup Z) = (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$	$X^*(Y+Z) = (X^*Y) + (X^*Z)$ $X(Y+Z) = XY + XZ$	Distributívny zákon
(3b) $X \cup (Y \cap Z) = (X \cup Y) \cap (X \cup Z)$	$X+(Y^*Z) = (X+Y)^*(X+Z)$	
(4a) $X \cap X = X$	$X^*X = X$	Idempotentný zákon
(4b) $X \cup X = X$	$X + X = X$	
(5a) $X \cap (X \cup Y) = X$	$X^*(X+Y) = X$	Absorbčný zákon
(5b) $X \cup (X \cap Y) = X$	$X+X^*Y = X$	
(6a) $X \cap X' = \phi$	$X^*X' = \phi$	Doplnenie
(6b) $X \cup X' = \Omega = 1$	$X+X' = \Omega = 1$	
(6c) $(X')' = X$	$(X^*)' = X$	
(7a) $(X \cap Y)' = X' \cup Y'$	$(X^*Y)' = X' + Y'$	De Morganov teorém
(7b) $(X \cup Y)' = X' \cap Y'$	$(X+Y)' = X' * Y'$	

Pravdepodobnosť výskytu vrcholovej „TOP“ udalosti je potom po aplikácii zákonov Boolovej algebry :

$$\begin{aligned}
 TOP &= E_1 \times E_2 \\
 E_1 &= A + E_3 \\
 E_2 &= C + E_4 \\
 TOP &= (A + E_3) \times (C + E_4) = (A \times C) + (A \times E_4) + (E_3 \times C) + (E_3 \times E_4) \\
 E_3 &= B + C \\
 TOP &= A \times C + A \times E_4 + (B + C) \times C + (B + C) \times E_4 \\
 TOP &= (A \times C + B \times C + C \times C + E_4 \times C) + A \times E_4 + B \times E_4 \\
 TOP &= C + A \times E_4 + B \times E_4 \\
 E_4 &= A \times B \\
 TOP &= C + A \times A \times B + A \times B \times B \\
 \mathbf{TOP} &= \mathbf{C + A \times B}
 \end{aligned}$$

Na prvý pohľad na obr. č. 1 by sa nám zdalo, že vrcholová „TOP“ udalosť (porucha) v analyzovanom systéme nastane len pri súčasnom vzniku porúch E1

a E2, z čoho by sme sa mohli domnievať, že posudzovaný systém má jednoduché zálohovanie (redundanciu).

Z výsledného vzťahu je však zrejmé, že vrcholová „TOP“ udalosť už nastane, ak dôjde k vzniku len iniciačnej udalosti C, alebo aj vtedy, ak dôjde k súčasnému vzniku iniciačných udalostí A a B.

Ak sme schopní určiť (stanoviť, alebo odhadnúť) pravdepodobnosť výskytu iniciačnej udalosti C, potom vlastne určíme aj pravdepodobnosť výskytu vrcholovej „TOP“ udalosti – v tomto prípade aj závažnej priemyselnej havárie. Iniciačná udalosť C je tak v tomto prípade nielen tzv. minimálnym kritickým rezom 1. rádu (jediná udalosť vyvolávajúca zlyhanie celého systému), ale aj potenciálnym iniciátorom závažnej priemyselnej havárie.

Z prezentovaného postupu je zrejmé aj to, že pokiaľ vieme v podniku priamo identifikovať a lokalizovať v rizikovej technológii, alebo v sklade zariadenia, systémy, alebo komponenty, ktorých zlyhanie už priamo vyvolá závažnú priemyselnú haváriu, potom hovoríme o nich ako o „slabých miestach“. Ak máme slabé miesta (minimálne kritické rezy 1. rádu) v rizikovej technológii, potom je nám už z praktického hľadiska zbytočné sledovať rozvoj príslušných iniciačných udalostí v stromoch udalostí.

Ak by pravdepodobnosť vzniku vyššie uvádzaných iniciačných udalostí A, B a C bola na úrovni cca  $10^{-3}$  udalostí . rok<sup>-1</sup>, potom výsledná pravdepodobnosť výskytu vrcholovej „TOP“ udalosti by bola :

$$\begin{aligned} \text{TOP} &= C + A \times B \\ \text{TOP} &= 10^{-3} + 10^{-3} \times 10^{-3} = 10^{-3} + 10^{-6} = \mathbf{1,001 \times 10^{-3}} \text{ udalostí . rok}^{-1} \end{aligned}$$

z čoho je zrejmé, že v tomto prípade nemá význam sledovať iniciačné udalosti A a B, pretože ich prípadný **súčasný** výskyt nemá prakticky žiadny prínos k výslednej pravdepodobnosti výskytu „TOP“ udalosti.

Ak by iniciačná udalosť C mala oproti udalostiam A a B pravdepodobnosť vzniku na úrovni  $10^{-5}$  udalostí . rok<sup>-1</sup>, potom ešte stále výsledná pravdepodobnosť výskytu vrcholovej „TOP“ udalosti by bola :

$$\text{TOP} = 10^{-5} + 10^{-3} \times 10^{-3} = 10^{-5} + 10^{-6} = \mathbf{1,1 \times 10^{-3}} \text{ udalostí . rok}^{-1}$$

Práve posledne uvádzaná skutočnosť poukazuje na to, prečo má v podnikoch význam zaoberať sa aj málo pravdepodobnými iniciačnými udalosťami (poruchami, javmi alebo haváriami), pokiaľ vystupujú v rizikových technológiách ako slabé miesta, teda ako minimálne kritické rezy 1. rádu.

V praxi však môže byť situácia o niečo zložitejšia a aplikácia zjednodušeného postupu určenia výslednej pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie si bude vyžadovať vyselektovanie vybraných iniciačných udalostí, ktoré budú tvoriť len časť zo súboru iniciačných udalostí vystupujúcich v minimálnych kritických rezoch 1. rádu.

Uvažujme napríklad, že je možný únik vybranej nebezpečnej látky zo zložitej výrobnjej technológii. Jednotlivé prvky (komponenty) tejto technológii, na ktorých môže dôjsť k takej poruche, ktorá má za následok únik nebezpečnej látky mimo technológiu potom predstavujú minimálne kritické rezy 1. rádu.

Ak je neprijateľný každý únik, potom vlastne musíme analyzovať príslušnú technológiu po jednotlivých komponentoch, alebo ak sa určité skupiny komponentov v nej opakujú, tak po skupinách týchto komponentov, čo však môže byť mimoriadne časovo náročné a než sa dopravujeme k výslednej hodnote pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie môžeme sa dopustiť aj mnohých chýb.

Ak však chceme v tomto prípade použiť zjednodušený postup, potom musíme začať pracovať so špecifickou databázou o poruchovosti jednotlivých prvkov (ak ju podnik má), alebo si musíme pomôcť s poruchovými údajmi z generických databáz, ktoré uvádzajú pravdepodobnosti vzniku vonkajších únikov na príslušných komponentoch.

V databáze MAAE (IAEA-TECDOC-478 „Component Reliability Data for Use in Probabilistic Safety Analysis“) [4] napríklad pre :

- roztrhnutie (prasknutie) potrubí (nerezové potrubia pre použitie v energetike) s malými priermi (od 1 do 6 „inches“) je v databáze uvádzaná pravdepodobnosť prasknutia  $7,0 \times 10^{-11}$  udalostí/hod, pre potrubia s väčšími priermi (nad 3 ′) je pravdepodobnosť prasknutia  $1,0 \times 10^{-10}$  udalostí/hod, pre zvarané potrubia s priermi (nad 4 ′) je pravdepodobnosť prasknutia (vrátane prasknutia zvarov) na úrovni cca  $1,0 \times 10^{-6}$  až  $1,0 \times 10^{-7}$  udalostí/hod, pričom prevádzkový tlak sa pohybuje okolo 10 MPa a pracovné teploty od 40 – 250 °C,
- pre prasknutie (lom) na potrubnej redukcii, návarku, resp. odbočke je v databáze uvádzaná stredná pravdepodobnosť prasknutia (lomu)  $1,0 \times 10^{-8}$  udalostí/hod,
- pre poškodenie (prasknutie) tlakových nádob (tlakových zásobníkov z nereze a z legovaných ocelí) je v databáze uvádzaná pravdepodobnosť prasknutia  $2,6 \times 10^{-8}$  udalostí/hod,
- pre poškodenie (prasknutie) nádob (telies) tepelných výmenníkov a následný externý únik média je v databáze uvádzaná pravdepodobnosť externého úniku  $7,1 \times 10^{-7}$  udalostí/hod,

naproti tomu pre :

- bezpečnostný rýchlouzáver s priermi pripojených potrubí od 100 – 300 mm je v databáze uvádzaná pravdepodobnosť „external leak“ (vonkajší únik) cca  $1,0 \times 10^{-5}$  až  $1,0 \times 10^{-6}$  udalostí/hod,
- manuálne ovládaný ventil s priemerom od 12 do 24 „inches“ má v databáze uvádzanú pravdepodobnosť poruchy  $2,4 \times 10^{-6}$  udalostí/hod, pričom pravdepodobnosť poruchy typu „external leak“ (vonkajší únik) na tomto ventile  $1,4 \times 10^{-6}$  udalostí/hod, čo je vlastne 58 % príspevok k celkovej hodnote pravdepodobnosti poruchy na tomto ventile ( $1,23 \times 10^{-2}$  udalostí/rok).

Z uvádzaných podkladov je zjavné, že aj takéto generické databázy umožňujú akceptovanie vylúčenia napríklad vybraných mechanických prvkov z ďalšej rizikovej analýzy, tj. v tomto prípade ich vyselektovanie a vylúčenie z minimálnych kritických rezov 1. rádu. Je to možné aj preto, že ich pasívna (mechanická, resp. materiállová) spoľahlivosť (pevnosť) je vysoká a prípadný únik vybranej nebezpečnej látky z týchto komponentov je možný len v prípade ich poškodenia (prasknutia, resp. roztrhnutia). V údajových databázach sa pravdepodobnosť poruchy týchto prvkov pohybuje od  $10^{-7}$  -  $10^{-11}$  udalostí . hod<sup>-1</sup>, čo po vynásobení 8 670 hod (1 rok) je okolo  $10^{-3}$  -  $10^{-7}$  udalostí . rok<sup>-1</sup>, zatiaľ čo ostatné komponenty (regulátory, ventily, kompenzátory, bezpečnostné rýchlouzávěry apod.) sa nachádzajú so svojou špecifickou poruchovosťou („vonkajší únik“) v intervale medzi  $10^{-1}$  -  $10^{-2}$  udalostí . rok<sup>-1</sup>, teda ich poruchovosť je minimálne o jeden až dva rády vyššia.

Ďalšia selekcia je možná, ak nie každý únik z posudzovanej technológie vedie k závažnej priemyselnej havárii. Potom sa napríklad sa pre potreby definovania pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie budú sledovať len vybrané úniky, čo zasa redukuje potrebné množstvo analyzovaných komponentov.

Možnosti aplikácie tejto zjednodušenej metódy sú však tiež obmedzené. Zložité technológie majú rozsiahle stromy porúch a vyžadujú si počítačovú analýzu pomocou výpočtových programov na kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie stromov porúch. Výsledkom kvalitatívneho hodnotenia pomocou týchto programov sú minimálne kritické rezy (identifikovanie slabých miest). Kvantitatívnymi výsledkami sú pravdepodobnosti výskytu porúch (zlyhania) pre systém a ocenenie minimálnych kritických rezov (určenie citlivosti systému na poruchy jeho komponentov a stanovenie dôležitosti komponentov).

## 2.0 DEFINOVANIE VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE DETAILNEJ VÝPOČTOVEJ ANALÝZY

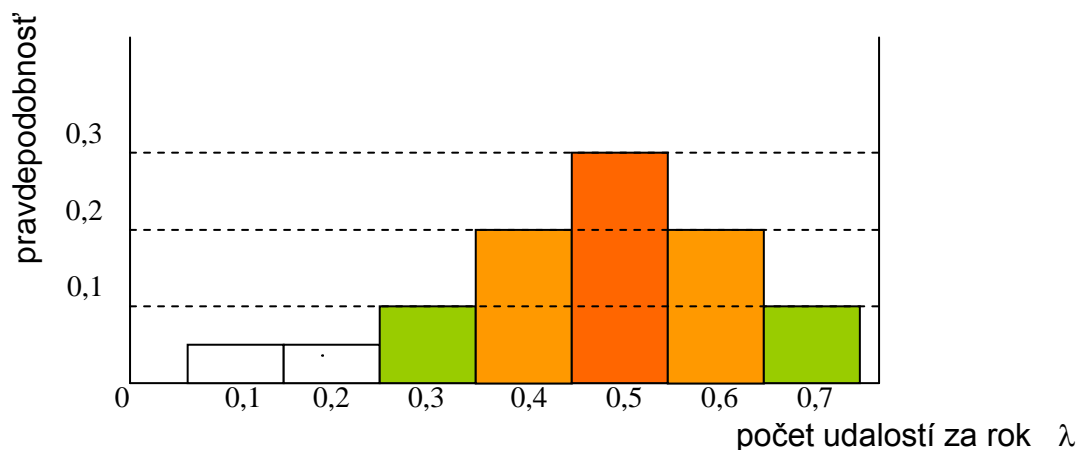
Ako bolo konštatované v predchádzajúcej kapitole možnosti aplikácie zjednodušenej metódy pre stanovenie výslednej pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie sú obmedzené.

Obecne je možné konštatovať, že menej rizikové a jednoduchšie technológie majú zvyčajne veľa slabých miest, a aj preto sú často bez problémov analyzované zjednodušenou metódou a ručne.

Pre tieto technológie nie je často potrebné ani vytvárať stromy udalostí, pretože zvyčajne majú len jedinú bezpečnostnú bariéru (havarijnú tlačidlo, dvojité steny nádrží, havarijnú nádrž, stabilné hasiace zariadenie, zaplavovacie zariadenie, závodný hasičský útvar apod.).

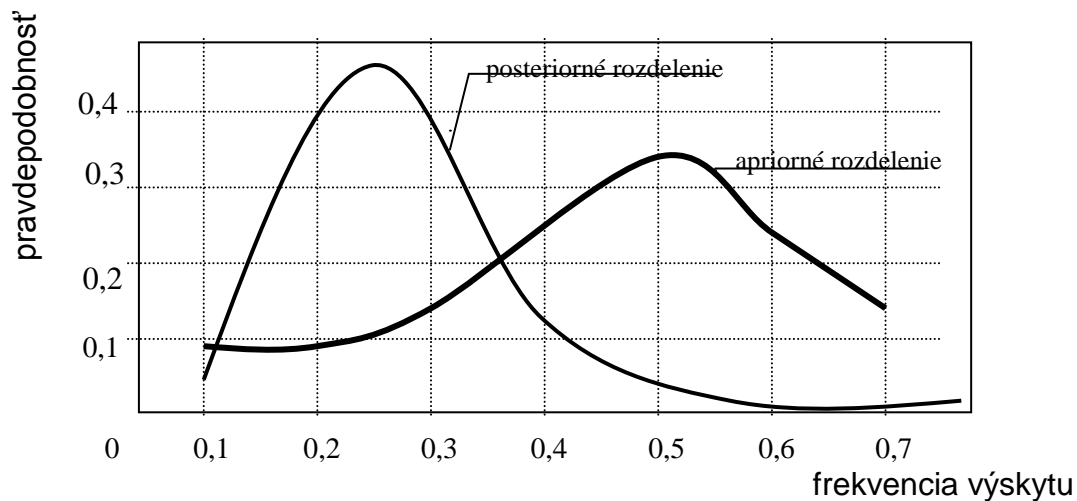
Prípadne nepresnosti (neurčitosti) pri odhade (stanovení, alebo prevzatí) pravdepodobnosti vzniku najzávažnejších iniciačných udalostí nie sú až tak dôležité, pretože tieto neurčitosti sa dajú s použitím jednoduchých matematických metód ľahko identifikovať a hlavne rýchlo vyhodnotiť (viď možnosti eliminácie prípadných neurčitostí zachytené na obr. č. 2 a č. 3).

**Obr. č. 2 : Diskrétné apriorné rozdelenie pravdepodobnosti**





**Obr. č. 3 : Apriorné a posteriorné rozdelenie pravdepodobnosti**



Zložité a viacej rizikové technológie majú zvyčajne rozsiahle stromy porúch, sú zabezpečované viacerými technologickými a bezpečnostnými redundanciami, zvyčajne sa v nich nenachádzajú komponenty (prvky) na úrovni minimálnych kritických rezov 1. rádu a zvyčajne si vyžadujú vytvárať aj stromy udalostí pre vybrané iniciačné udalosti.

Práve z vyššie uvedených dôvodov si potom vyžadujú oveľa detailnejšiu analýzu pomocou výpočtových programov na kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie stromov porúch. Rôzne postupy ukončenia vyvíjaného základného, ako aj čiastkového stromu porúch sú realizované na základe udalostí spojených s rôznymi potenciálnymi chybami komponentov. Ukončenie jednotlivých vetiev stromu (napr. prerušenie vývoja stromu na úrovni komponentu, pokračovanie vývoja stromu ukazujúceho na možnú potenciálnu chybu komponentu) závisí hlavne na možnosti poznania poruchových údajov, t.j. závisí od možností a vedomostí zhotoviteľa stromov porúch určiť základnú - primárnu udalosť a následne na ňu uplatniť vhodný poruchový model.

Podstatným pri tomto postupe je, že až keď základné (systémové) stromy porúch pre príslušnú technológiu sú kompletne, až potom sú v spolupráci s prevádzkou (s obsluhou zariadení) rozvíjané čiastkové stromy porúch a nakoniec sa k základným - primárnym udalostiam („basic events“) pridelia údaje o poruchách (generické alebo špecifické).

Práve táto skutočnosť, že sa údaje pridelia k základným, ďalej už nerozvíjaným nežiadúcim udalostiam a že pomocou týchto údajov sú vypočítané výsledné pravdepodobnosti vzniku nežiadúcich havarijných udalostí je veľmi významným pozitívom tohto spracovania. Ďalšou výhodou počítačových spracovaní rizikových analýz je možnosť riešenia vzájomných väzieb na úrovni systémov, zahrňujúc napr. aj poruchy so spoločných príčin (závislé poruchy) a chyby ľudského činiteľa.

Výsledkom výpočtov sú pravdepodobnosti výskytu porúch (zlyhaní) systémov a celej technológie a zoznamy kritických rezov na úrovni systémov (väzby cez „GATE“), podsystémov (väzby cez „TRANSIENT“) a primárných udalostí (väzby cez „EVENT“). Tieto výsledky slúžia hlavne na ďalšie inžinierske hodnotenia spracovaného systému, ale aj na celkovú kontrolu stromov porúch.

Pretože celá výpočtová analýza sa realizuje pomocou aplikácie metód pravdepodobnostného inžinierstva jej výsledkom je vlastne určenie výslednej pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie, pričom práve táto pravdepodobnosť určuje aj celkovú rizikovosť posudzovanej technológie vo väzbe na jasne definované iniciačné udalosti, ktoré môžu byť pri tomto postupe už definované s určitou voľnosťou.

Problémom efektívnejšieho využitia počítačového spracovania a analýz rizika v chemickom priemysle je podobne ako v jadrove-energetickom priemysle dostatočne vierohodné zhodnotenie úlohy ľudského činiteľa ako potencionálneho iniciátora závažných porúch a havárií.

Človek (prevádzkový a obslužný personál, personál riadiacich centier a velínov) totiž priamo alebo nepriamo vstupuje do priebehu, riadenia a kontroly samotných technologických procesov, a tak má možnosť v pozitívnom, ale aj v negatívnom smere ich ovplyvňovať.

Druhým závažným fenoménom v tejto oblasti, ktorý sa objavil v posledných rokoch je medzinárodný terorizmus, ktorý sa nevyhol ani chemickému priemyslu. Rizikové chemické technológie, prepravné trasy, ale aj sklady a skládky musia byť dôkladne analyzované aj z hľadiska možných potenciálnych závažných havárií vzniklých v dôsledku neočakávaných nežiadúcich vstupov človeka (sabotáže).

Zatiaľ čo v jednoduchých technológiách je možné veľmi rýchle vyhľadať vstupy človeka do prevádzky a dokonca ho aj analyzovať ako potencionálneho iniciátora závažnej havárie, zložité technológie pre kvantifikáciu pravdepodobnosti nežiadúcich vstupov človeka a ľudských chýb si vyžadujú podrobnú analýzu.

Techniky hodnotenia pravdepodobnosti výskytu ľudských chýb v zložitých technologických prevádzkach sú rôzne. Pri výbere najvhodnejšej pre tieto účely je základným vstupným údajom čas, ktorý je k dispozícii na vykonanie nápravnej činnosti súvisiacej s ľudskou chybou (sabotážou).

Človek je v týchto prípadoch iniciátor poruchy, ktorá sa môže rozvinúť do závažnej havárie. Šírenie (rozvoj) takejto poruchy v analyzovanom systéme závisí napríklad aj od toho, či sa jedná o trénované situácie, netrénované situácie (tzv. „recovery“) a od toho aká je psychická záťaž (prípadne nerozhodnosť) obslužného a riadiaceho personálu.

Pri trénovaných situáciách sa prevádzka riadi podľa špeciálnych predpísaných poruchových a havarijných procedúr, ktoré sú bežné pre moderné postupy vyvinuté a používané hlavne v západných krajinách.

Netrénované situácie sú charakteristické nedostatkom presných alebo kompletných predpisov pre vykonanie nápravných činností.

Psychická záťaž alebo nerozhodnosť (napr. riadiacich pracovníkov) prispievajú k faktorom, ktoré môžu negatívne ovplyvniť činnosť človeka v strese.

Keďže v súčasnosti veľká časť chemického priemyslu u nás používa postupy, ktoré sú buď neúplné, alebo majú mnoho nedostatkov, je potrebné vždy pri hodnotení ľudského činiteľa v analýzach rizika vychádzať z predpokladu, že „psychická záťaž“ ovplyvňuje všetky zásahy súvisiace s ľudskými chybami.

Väčšina modelov a postupov v tejto oblasti aplikuje kvantifikáciu pravdepodobných prediniciačných ľudských chýb a omylov, ktoré prispievajú hlavne k nezpracovaniu (k nepohotovosti), alebo k poruche (zlyhaniu) systémov, alebo komponentov.

V nasledujúcej tab. č. 4 je ukážka možnej aplikácie týchto vstupov pri detailnej analýze rizika.

**Tab. č. 4 Priradenie screeningových (testovacích) hodnôt spoľahlivosti ľudského činiteľa pre vybrané pracovné činnosti za stanovených (predom definovaných) predpokladov\***

Typ činnosti	Intervalový odhad zohľadňujúci zručnosť Failure probability – q	Intervalový odhad zohľadňujúci existenciu pravidiel a postupov Failure probability – q	Intervalový odhad zohľadňujúci skúsenosti, vedomosti a oboznámenosť Failure probability – q
Kontrola	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-1}$
Oprava			
- po poruche	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-1}$	0.3
- preventívna	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-2}$	0.1

\* Predpoklady : práce nie sú realizované pod časovým tlakom, nominálne stresové podmienky, priemerný tréning  
Prevzaté z IAEA-TECDOC-592 „Case study on the use of PSA methods : Human reliability analysis“ [7]

Modely, v ktorých sa aplikuje kvantifikácia pravdepodobných ľudských chýb a zlyhaní pred a po havárii sú ešte konzervatívnejšie (viď tab. č. 5).

**Tab. č. 5 : Filtračné hodnoty pravdepodobnosti ľudských chýb**

Ľudská chyba pri zásahu	Pravdepodobnosť
Pred haváriou	$5 \cdot 10^{-3}$
Po havárii	$5 \cdot 10^{-2}$
Po obnove	1

Prevzaté z IAEA-TECDOC-592 „Case study on the use of PSA methods : Human reliability analysis“ [7]

Zhodnotenie možných vstupov človeka do vzniku a rozvoja havarijného procesu je jednou zo špecifických analýz vstupujúcich do pravdepodobnostného hodnotenia rizika. Pokiaľ človek má možnosť svojím zásahom iniciovať poruchovú alebo havarijnú udalosť, alebo ovplyvniť proces vzniku a rozvoja iniciačnej (poruchovej, havarijnej) udalosti, alebo môže urýchliť jej rozvoj, alebo zhoršiť jej priebeh, a tým aj ovplyvniť jej prípadné následky, potom musia byť jeho vstupy do tohto procesu identifikované, analyzované a zhodnotené.

### **3.0 ZÁVERY K MOŽNOSTIAM URČOVANIA VÝSLEDNEJ HODNOTY PRAVDEPODOBNOŠTI VZNIKU ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE NA ZÁKLADE ZADefinOVANIA ČIASTKOVÝCH HODNÔT**

Metodická príručka v tejto 3. ťažiskovej časti si nekladie za cieľ predpísať unifikované postupy pre výpočet (určenie) výslednej hodnoty pravdepodobnosti vzniku ZPH v SR na základe definovania čiastkových hodnôt pravdepodobnosti vzniku iniciačných udalostí tejto havárie.

Ako už bolo poukázané v 1. a 2. kapitole tejto časti, nie je to ani možné. Na rozdiel od u nás prevádzkovaných jadrových elektrární (sú si veľmi podobné) pre chemický priemysel je typická značná rôznorodosť. Týka sa to jednak rozdielnosti samotných technológií, ale aj rôznej úrovne zabezpečenia ich bezpečnosti. Práve preto je potrebné pri každej rizikovej analýze individuálne posúdiť a zvažovať všetky okolnosti a skutočnosti, ktoré môžu mať vplyv na celkové výsledky analýzy.

## 4. Ťažisková časť

### Spôsoby kvantifikácie havarijných reťazcov na základe definovania pravdepodobnosti výskytu iniciačných udalostí

#### 1.0 KVANTIFIKÁCIA HAVARIJNÝCH REŤAZCOV

Kvantifikácia havarijných reťazcov má za cieľ stanovenie (výpočet) frekvencie výskytu havarijných reťazcov na základe analýzy vnútorných a vonkajších iniciačných udalostí. Obecné sa pri riešení tejto úlohy predpokladá využitie softwaru kompatibilného s personálnymi počítačmi, čo však pri jednoduchších technológiách nie je podmienkou.

Napriek tomu, že vo svete existuje množstvo uznávaných a zavedených metodík na prípravu vstupov do kvantifikačných analýz výsledky týchto analýz sú často veľmi rozdielne. Je to preto, lebo sú rozdielne jednak samotné prístupy riešiteľov a jednak vstupné údaje pre kvantifikovanie pravdepodobnosti vzniku iniciačných udalostí.

Práve z tohto dôvodu pri príprave vyhlášky MŽP SR č. 489/2002 Z.z. bolo potrebné navrhnuť jednotný postup analýzy rizika a prípravy týchto vstupných údajov, pričom z obr. č. 2 v prílohe č. 1 tejto vyhlášky je zrejmé, že kvantifikácia havarijných reťazcov sa opiera o výsledky kvantifikácie systémových modelov (o kvantifikáciu systémových stromov porúch), ktoré sú rešpektované pri výpočte výslednej hodnoty pravdepodobnosti výskytu ZPH.

Základným predpokladom pre tieto výpočty je však kvantifikácia pravdepodobnosti vzniku iniciačnej udalosti, ktorej rozvoj v sledovanej technológii alebo v zariadení môže viesť k vzniku ZPH.

Z uvedeného je však zrejmé, že okrem pravdepodobnosti výskytu vstupnej iniciačnej udalosti (poruchy, havárie, javu) má na výslednú hodnotu pravdepodobnosti vzniku ZPH významný vplyv riešenie bezpečnosti príslušnej technológie, či zariadenia, tj. riešenie bezpečnostných bariér, ktorých úlohou je zabrániť rozvoju potenciálnej poruchovej alebo havarijnej udalosti do ZPH.

Každý systémový model (aj keď je preberaný), v ktorom sa iniciačná udalosť môže rozvíjať do havarijnej udalosti a následnej ZPH musí byť zvlášť kvantifikovaný. Ak pre spoľahlivú funkciu systému sú nevyhnutné pomocné (podporné) systémy, potom je potrebné realizovať kvantifikáciu s podpornými systémami ako aj bez nich.

Pretože logické väzby šírenia sa porúch v zariadeniach chemického priemyslu nebývajú zvyčajne zložité, aj ich havarijné reťazce sú zvyčajne krátke. Vstupná hodnota pravdepodobnosti výskytu iniciačnej udalosti má preto dosť značný vplyv aj na výslednú hodnotu pravdepodobnosti výskytu ZPH (pozri ukážku stromu udalostí v prílohe č. 4 tejto metodické príručky). Ukazuje sa, že kvantifikácia havarijných iniciačných reťazcov, v zmysle postupov jednotnej metodiky z vyhlášky č. 489/2002 Z.z. bude mať svoje úskalia, čo potvrdzujú aj doterajšie skúsenosti s aplikáciou uvedenej metodiky v Českej republike [5].

V predchádzajúcej ťažiskovej časti tejto metodické príručky bolo prezentované, že jednoduché, ale aj zložitejšie technológie a havarijné reťazce v nich je možné analyzovať ručne, dokonca pri určitých činnostiach a jednoduchých technológiách je možné pre túto kvantifikáciu použiť príručku MAAE. V súčasnosti sú vo svete a aj u nás pre tieto účely využívané hlavne dva softwarové balíky (RISK

SPECTRUM, SAPHIRE ). Demo - verzie oboch uvádzaných softwarových produktov sú voľne prístupné na internete.

Cieľom tejto metodologickej príručky nie je vracať sa k dôvodom, ktoré viedli spracovateľa vyhlášky č. 489/2002 Z.z. k návrhu jednotného postupu pri kvantifikácii havarijných reťazcov. Dosť dôkladne to bolo napísané a odôvodnené už v metodologickej príručke z roku 2000 [6].

Faktom však je, že prakticky vo všetkých modeloch sa vyskytnú dominantné havarijné reťazce, ktoré je potrebné integrovať do celkového modelu QRA, kde ešte pribudnú integrované havarijné reťazce od vonkajších udalostí.

Čím menej je týchto dominantných havarijných reťazcov, tým je väčšia snaha siahnuť pri ich vyhodnocovaní po vyššie uvádzanej príručke MAAE. Principiálne je totiž vždy možné a tiež oveľa jednoduchšie analyzovať len špecifické havarijné scenáre (požiar, výbuch, toxický rozptyl) „našité“ na viaceré z vybraných nebezpečných látok.

Zákon č. 261/2002 Z.z. a tiež jeho vykonávacía vyhláška č. 489/2002 Z.z. sú skutočne určitým výkonným nástrojom štátnej správy. Umožňujú jej totiž vstupovať do procesu hodnotenia a riadenia rizika v podnikoch podliehajúcich režimu tohto zákona a zároveň poskytujú aj potrebné podklady a garancie pre objektívne informovanie verejnosti v tejto oblasti.

Pokiaľ by skutočne dominantné havarijné reťazce pre posudzované technológie a činnosti boli v jednotlivých modeloch identické, potom by bolo jasné, že problematické sú len neurčitosti vo vstupných údajoch, pretože vlastné výpočty sa zvyčajne realizujú metódou Monte Carlo.

Analýzy modelov neurčitosti si však môžu vyžadovať ďalšie overovanie pomocou citlivostných štúdií a to už býva oveľa náročnejšie. Preto je dobré, ak do pracovného súboru pre kvantifikačné analýzy sú zozbierané a upravené aspoň nasledujúce informácie a podklady :

- havarijné reťazce,
- modely systémových stromov porúch,
- frekvencie iniciačných udalostí.

Ak sa však pozrieme do metodologickej príručky MAAE, tak niektoré informácie nám tam jednoducho chýbajú, a práve preto aj jej použitie je obmedzené. Je pochopiteľné, že prvé výsledky analýzy rizika budú závislé aj na takých parametroch a vzťahoch, ktoré sa dnes ešte nedajú presne stanoviť.

Ak nie je dostatok vierohodných informácií o frekvencii výskytu iniciačných udalostí stávajú sa práve tie zdrojmi neurčitostí. Je si však potrebné uvedomiť, že rozlíšujeme tri zdroje neurčitostí :

- neurčitosti v hodnotách parametrov, ktoré vznikajú pri ich odhade na základe nedostatočného množstva údajov (napr. odhady intenzity porúch prvkov, frekvencie výskytu iniciačných udalostí, hodnoty beta faktoru, atď.),
- modelové neurčitosti, ktoré vyplývajú z toho, že modely sú aj v tom najlepšom prípade len aproximáciou skutočnosti,
- neurčitosti, ktoré vyplývajú z prijatých predpokladov (často sú prijaté konzervatívne predpoklady, lebo nie sú k dispozícii výsledky detailných analýz).

Kým neurčitosti vyplývajúce z použitého modelu a prijatých predpokladov veľmi závisia od konkrétnej rizikovej analýzy a nemožno ich riešiť obecné, pri

neurčitostiach u vstupných dát existujú metódy ako ohodnotiť ich vplyv na vierohodnosť výsledkov analýzy.

Treba však poznamenať, že neurčitosti v odhadoch frekvencie výskytu iniciačných udalostí majú často zanedbateľný vplyv na celkovú (výslednú) hodnotu rizika (pozri 3. ťažiskovú časť) oproti vplyvu nesprávneho modelu alebo konzervatívnych predpokladov.

Analýza vplyvu neurčitostí vstupných dát na výsledky kvantifikačnej analýzy havarijných reťazcov, ako aj metódy na ich kvantifikáciu sú však už aj u nás dobre rozpracované. Umožňujú kvantifikovať neurčitosti dát pre analýzy stromov udalostí a stromov porúch a modelovať šírenie neurčitostí a ich vplyv na konečný výsledok.

Výsledkom je potom v našom prípade stredná hodnota pravdepodobnosti výskytu závažnej priemyselnej havárie a jej horné a dolné medzné hodnoty, alebo konfidenčné intervaly, ktoré môžu byť odvodené z distribučnej funkcie matematického rozdelenia.

Keď neexistuje dostatočné množstvo štatistických (generických, obecných) údajov o poruchovosti prvkov, na stanovenie špecifických údajov sa aplikuje Bayesova teoréma. Numerické vstupy modelu (intenzity porúch a opráv, frekvencie iniciačných udalostí, pravdepodobnosti zlyhania človeka, beta faktor atď.) sú stanovené z generických údajov (apriórneho rozdelenia) a upresnené údajmi z analyzovanej prevádzky.

Potom sú posteriorným pravdepodobnostným rozdelením popísané ako náhodné veličiny (viď obr. č. 2 a č. 3 v predchádzajúcej časti).

Šírenie sa neurčitostí cez celý model a ich vplyv na výsledky sa generuje použitím analytických metód alebo metódou Monte Carlo.

Pri dostatočne veľkom súbore vstupných dát, sa môže priamo špecifikovať vstupné pravdepodobnostné rozdelenie parametrov a môžu sa počítať konfidenčné intervaly.

## **2.0 SPÔSOB KVANTIFIKÁCIE HAVARIJNÝCH REŤAZCOV NA ZÁKLADE DEFINOVANIA PRAVDEPODOBNOСТИ VÝSKYTU INICIAČNÝCH UDALOSTÍ**

Tento spôsob kvantifikácie havarijných reťazcov patrí medzi najčastejšie používané spôsoby ich kvantifikácie.

Iniciačná udalosť je vlastne prvotná porucha, strata, resp. zlyhanie jedného prvku alebo časti systému, ktorá pokiaľ nie je včas identifikovaná a lokalizovaná môže viesť k rozvoju následných závislých aj nezávislých porúch v systéme, ktorých vplyv a vzájomné väzby (spolupôsobenie) sa môžu rozvinúť do zlyhania, havárie celého systému a nakoniec až do ZPH.

Ak je vstupná hodnota pravdepodobnosti výskytu iniciačnej udalosti príliš vysoká, potom pri jednoduchších zariadeniach, ktoré nemajú viac ako jednu bezpečnostnú bariéru sa táto pravdepodobnosť hneď násobí s pravdepodobnosťou zlyhania tejto bezpečnostnej bariéry, a tak sa získa aj výsledná hodnota pravdepodobnosti vzniku ZPH.

Ešte horšia situácia je v prípadoch, kedy iniciačnou udalosťou ZPH je požiar na udalosť, alebo výbuch na otvorenom technologickom zariadení. V týchto prípadoch táto iniciačná udalosť často hneď prerastá do ZPH, takže vstupná hodnota pravdepodobnosti výskytu iniciačnej udalosti sa stáva aj výslednou a výstupnou hodnotou pravdepodobnosti výskytu ZPH.

Pravdepodobnosť výskytu iniciačnej udalosti je možné získať jednak z generických alebo zo špecifických databáz. Pokiaľ sa použijú generické databázy, potom je potrebné zdôvodnenie ich použitia hlavne v už dlhodobo prevádzkovaných podnikoch, ktoré by mali pracovať s vlastnými špecifickými databázami.

Pre kvantifikáciu havarijných reťazcov je potrebné zostaviť strom udalostí, ktorým je vlastne logický diagram na grafické znázornenie havarijných reťazcov po výskyte iniciačnej udalosti. Pre každú bezpečnostnú funkciu sa identifikujú bezpečnostné systémy, vykonávajúce túto funkciu.

Havarijné reťazce sú potom logické cesty začínajúce iniciačnými udalosťami a pokračujúce kombináciami úspešných resp. neúspešných zásahov bezpečnostných (zabezpečovacích) systémov. Tieto havarijné reťazce (pozri obrázok v prílohe č. 4 tejto metodologickej príručky) v závere vedú buď k :

- úspešnému zvládnutiu iniciačnej udalosti (OK),
- nežiadúcemu prevádzkovému stavu,
- rozsiahlemu poškodeniu prevádzky,
- závažnej priemyselnej havárii (ZPH).

Z hľadiska cieľov tejto ťažiskovej časti nie je potrebné prijímať žiadne závery, pretože by to bolo dnes ešte predčasné. Predpokladá sa však, že určité špecifické iniciačné udalosti budú mať jednotne stanovené pravdepodobnosti (frekvencie) výskytu.

## CELKOVÉ ZÁVERY

Spracovateľ predkladanej metodologickej príručky si kládol za cieľ predstaviť a stručne popísať najčastejšie prístupy aplikované vo svete pre expertný odhad pravdepodobnosti výskytu priemyselných havárií.

Metodická príručka a v nej prezentované postupy a zásady sú určené výhradne pre prípravu vstupných údajov do hodnotení rizika závažných priemyselných havárií, v zmysle § 6, ods. (1) b) zákona č. 261/2002 Z.z., tj. len pre kvantifikáciu pravdepodobnosti alebo početnosti vzniku možných ZPH.

Prezentované postupy potvrdili, že použitie príručky MAAE pri analýze rizika ZPH má svoje obmedzenia, ktoré sú limitnými hlavne pre už dlhodobo prevádzkované výrobné technológie a zariadenia.

Príručka MAAE je skutočne určená pre klasifikáciu a stanovenie priorít rizík vyplývajúcich zo závažných havárií a vychádza z myšlienok, ktoré siahajú viac ako 20 rokov dozadu. V dnešnej dobe je už morálne aj technicky zastaralá, čo však neznamená, že nie je použiteľná.

Súčasná situácia sa vyznačuje neustálym skvalitňovaním rizikových databáz, rastúcimi skúsenosťami najmä v oblasti analýzy a riadenia rizika, rozvojom softwarových nástrojov pre tieto analýzy.

Problémom však je, že v súčasnosti len niekoľko stoviek odborníkov vo svete je schopných posúdiť potrebu podrobnej analýzy, zohľadňujúc pri tom potrebu zredukovať relatívne vážne riziká a toto je si potrebné uvedomiť.

Riešenie celého problému je založené skutočne na zjednotení postupov hodnotenia rizika a presadení pravdepodobnostného prístupu k hodnoteniu rizika ZPH, teda v presadení QRA.

QRA potrebuje kvalitné a objektívne generické databázy údajov o ZPH, údajov o spoľahlivosti a poruchovosti komponentov, systémov a zariadení, a to stojí a padá na systémoch zberu a spracovania týchto údajov.

Nové postupy QRA, PSA, či PRA pre tzv. chemické priemyselné činnosti sa čoraz viacej zameriavajú na hodnotenie individuálnych a spoločenských rizík s použitím špecifických podnikových databáz. Ukazuje sa, že tieto postupy sú oveľa prijateľnejšie nielen pre štátnu správu, ale aj pre samotné podniky, ktoré v tom začínajú vidieť zmysel a uplatnenie príslušných prác aj pre vlastné potreby pri riadení podnikov a pri tvorbe havarijných plánov (krízový manažment).

Zároveň sa tieto postupy stále viac a viac používajú v rozhodovacích procesoch a tiež v politických otázkach (budúce opatrenia, určenie zón, havarijné plánovanie, atď.), čo ich predurčuje na výraznejšie sa presadenie v najbližších rokoch. Neustále je však potrebné mať na zreteli, že aj podrobná (detailná) QRA so špecifickými údajmi má výrazné obmedzenia, ak sa používa absolútnym spôsobom. Jej výsledky sa však používajú a akceptujú preto, lebo neexistuje žiadna iná praktická objektívna alternatíva.



## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] IAEA-TECDOC-727: Manual for the Classification and Prioritization of Risks due to Major Accidents in Process and Related Industries, IAEA, Vienna, 1993
- [2] Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Object in the Rijnmond Area, A Pilot Study, Dordrecht, Holland, London, England 1982
- [3] Kirchsteiger, C. : „Posudzovanie a riadenie rizík ako základné prvky v kontrole nebezpečí veľkých havárií v EÚ“, Joint Research Centre – ISPRA, Italy, 1993
- [4] IAEA-TECDOC-478 „Component Reliability Data for Use in Probabilistic Safety Analysis“, IAEA, Vienna, 1988
- [5] Ferjenčík, M. : Metoda IAEA-TECDOC-727 a hodnotení rizika podle zákona o prevenci závažných havárií, CHEMagazín, č. 3, ročník XII, str. 13-15, 2002
- [6] Kandráč, J., Skarba, D. : Metodický postup na hodnotenie rizík nebezpečných prevádzok a štúdia o podnikoch v Slovenskej republike, RISK CONSULT, RC-E11/20 (rev. 0), Bratislava, 2000
- [7] IAEA-TECDOC-592 „Case study on the use of PSA methods : Human reliability analysis“, IAEA, Vienna, 1991