



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ
A ROBOTIKY



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS
AND ROBOTICS

METODIKA SELEKCIE ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

SELECTION METHODOLOGY FOR RISK SOURCES OF A MAJOR ACCIDENTS

DISERTAČNÍ PRÁCE
DISSERTATION THESIS

AUTOR PRÁCE:
AUTHOR

Ing. Andrea Lásková

VEDOUCÍ PRÁCE:
SUPERVISOR

Prof. Ing. František Babinec, CSc.

BRNO 2009

ABSTRAKT

Dizertačná práca je zameraná na identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie. Základným krokom pri hodnotení rizík je práve preventívne odhalenie možných zdrojov rizika závažnej havárie a to predovšetkým takých zdrojov, ktoré svojimi následkami presahujú hranice objektu a ohrozujú tak, okolité obyvateľstvo.

V práci je uvedený detailný rozbor metód, ktoré sa používajú v praxi k identifikácii zdrojov rizika, ale neboli priamo k tomuto účelu navrhnuté. Ďalej je uvedený rozbor selektívnej metódy CPR 18E, vyvíjanej už pre účely identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie a modifikácia pravidiel pre stanovovanie korekčných faktorov, medzného množstva a pre hodnotenie nezávislých jednotiek.

Hlavná časť práce je venovaná návrhu metodiky pre selekciu zdrojov rizika závažnej havárie. Do návrhu danej metodiky boli implementované všetky poznatky získané práve z praktických aplikácií indexových, screeningových a selektívnych metód. Metodika bola rozdelená na dve základné časti. Prvá časť metodiky je zameraná na systematické vytvorenie zoznamu všetkých zdrojov rizika a identifikáciu bezpečnostných jednotiek pomocou vhodného typu armatúr. V druhej časti metodiky je uvedená modifikácia pravidiel pre výber zdrojov rizika závažnej havárie, ktorý bol doplnený aj pre výber environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie.

Navrhnutá metodika bola overená na praktickej prípadovej štúdií v podniku anorganickej chémie v kombinácii so selektívnou metódou CPR 18E. Navrhovanou metodikou boli identifikované zdroje rizika závažnej havárie, ktoré pri selektívnej metóde CPR 18E, boli prekryté inými zdrojmi rizika závažnej havárie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

analýza rizík, zdroj rizika závažnej havárie, nebezpečné látky, spoločenské riziko

ABSTRACT

This dissertation thesis deals with identification of risk sources in case of a major accident. Preventive identification of potential risk sources in a major accident appears as the basic step in a risk assessment. It concerns especially the sources with impacts exceeding the object boundaries and endangering the neighbouring population.

The thesis provides a detailed analysis of methods which are practically applied to identify risk sources but were not designed specifically for this purpose. Further, the thesis analyses the CPR 18E selection method which was designed to identify risk sources of a major accident. In addition, the modification of the rules to recognize correction factors, the limit value and the evaluation of independent installations are discussed.

The main part of this thesis focuses on the proposal of selection methodology for the risk sources of a major accident. Knowledge obtained from practical applications of index methods as well as screening and selection methods were implemented into the methodology proposal. The methodology is divided into two main parts. The first part aims to create a systematic list of all risk sources and to recognize safety units under a suitable framework. The second part of a methodology presents modification of the rules to select the risk sources of a major accident added also with environmental risk sources.

This methodology in a combination with the selection method CPR 18E was verified by a case study performed in an inorganic chemistry company. The proposed methodology contributed to identify also such risk sources of a major accident which were covered by other risk sources in case of selection method CPR 18E.

KEYS WORDS

risk analysis, risk source of a major accident, dangerous chemical substances, social risk

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

Lásková, A. *Metodika selekcie zdrojov rizika závažnej havárie*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009, 89 s. Vedoucí disertační práce prof. Ing. František Babinec, CSc.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Čestne prehlasujem, že som dizertačnú prácu vypracovala samostatne pod odborným vedením pána Prof. Ing. Františka BABINCA, CSc. a s použitím literárnych zdrojov uvedených v zozname použitých zdrojov.

V Brne dňa 13.8. 2009

.....
Andrea Lásková

POĎAKOVANIE

Týmto by som chcela poďakovať prof. Babincovi, za jeho odborné vedenie a cenné rady pri spracovaní dizertačnej práce.

Ďakujem všetkým kolegom a priateľom za ich podporu, podnety a pomoc pri získavaní podkladov potrebných pre spracovanie dizertačnej práce.

Najväčšia vďaka patrí rodičom za ich veľkú podporu počas celého štúdia a ich vieru v moje schopnosti.

OBSAH

1 ÚVOD	11
2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	13
2.1 Vývoj procesu identifikácie zdrojov rizika.....	15
2.2 Rozbor metód používaných k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie.....	16
3 CIEĽ DIZERTAČNEJ PRÁCE	20
4 ROZBOR SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E	22
4.1 Nezávislá jednotka	22
4.2 Indikačné číslo.....	24
4.2.1 Množstvo látky v nezávislej jednotke a korekčné faktory.....	25
4.2.2 Medzné množstvo G.....	28
4.3 Selektívne číslo a výber zdrojov rizika závažnej havárie	30
4.4 Hodnotenie potrubných systémov	31
5 NÁVRH METODIKY SELEKCIE ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE	33
6 PRIMÁRNA IDENTIFIKÁCIA ZDROJOV RIZIKA	37
6.1. Zoznam všetkých aparátov a zariadení.....	37
6.2 Bezpečnostné jednotky	41
6.2.1 Priemyselné armatúry.....	43
6.2.2 Bezpečnostné jednotky v technológiách	51
6.3 Množstvo nebezpečnej látky v zariadení/bezpečnostnej jednotke	58
6.3.1 Stanovenie množstva nebezpečnej látky vo vybraných typoch bezpečnostných jednotiek	59
6.3.2 Množstvo nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke pri hodnotení environmentálneho rizika	60
6.3.3 Množstvo nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke pri hodnotení vzniku domino efektu	61
6.4 Výber jednotiek pre hodnotenie následkov spoločenského rizika	63
7 VÝBER ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE	64
7.1 Limitné množstvo podľa zákona o prevencii závažných havárií.....	64
7.2 Prevádzková prax zariadení/aparátov	68
8 ZHODNOTENIE METODIKY SELEKCIE ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE	69
9 PRAKTICKÁ APLIKÁCIA NAVRHOVANEJ METODIKY A SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E	72
10 ZÁVER	76
ZOZNAM TABULIEK	78

ZOZNAM OBRÁZKOV.....	79
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	80
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	85
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV	87
ZOZNAM PRÍLOH	89

Základné pojmy

Hodnotenie rizika – komplexný proces kvantitatívneho hodnotenia frekvencie alebo pravdepodobnosti nežiaducich udalostí a ich následkov, obzvlášť s ohľadom na poškodenie zdravia a škody na majetku a životnom prostredí.

Zdroj rizika – vlastnosť nebezpečnej látky alebo fyzická či fyzikálna situácia vyvolávajúca možnosť vzniku závažnej havárie.¹

Identifikácia zdrojov rizika - vytvorenie množiny zdrojov rizika na základe vlastností a množstva nebezpečných látok, umiestnených v objekte alebo zariadení, spôsobu prevádzkovania a možných konkrétnych situácií vo vnútri a mimo objektu alebo zariadení, ktoré môžu spôsobiť závažnú haváriu.²

Výber zdrojov rizika závažnej havárie pre analýzu rizika - ocenenie a výber zdrojov rizika pre podrobnú analýzu rizika za účelom zistenia, akou mierou jednotlivé zdroje rizika prispievajú k celkovému riziku analyzovaného systému (objektu/zariadenia).²

Prevenia – organizačné a technické opatrenia alebo činnosti, ktorých cieľom je predísť závažnej havárii a vytvoriť podmienky pre zaistenie opatrení na zmiernenie dopadov možnej závažnej havárie a havarijnej pripravenosti.³

Nebezpečná látka – vybraná chemická látka alebo chemický prípravok, ktoré vykazujú jednu alebo viac nebezpečných vlastností klasifikovaných podľa zvláštneho predpisu.³

Závažná havária – mimoriadna, čiastočne alebo celkom neovládateľná, časovo a priestorovo ohraničená udalosť, napr. závažný únik, požiar alebo výbuch, ktorá vznikla alebo ktorej vznik bezprostredne hrozí v súvislosti s užívaním objektu alebo zariadenia, v ktorých je nebezpečná látka vyrábaná, spracovávaná, používaná, prepravovaná alebo skladovaná, a vedie k vážnemu ohrozeniu alebo k vážnemu dopadu na životy a zdravie ľudí, hospodárskych zvierat alebo k ujme na majetku.¹

Objekt – celý priestor, poprípade súbor priestorov, v ktorých je umiestnená jedna alebo viac nebezpečných látok v jednom alebo viacerých zariadeniach, vrátane spoločných alebo súvisiacich infraštruktúr a činností, v užívaní právnických osôb a podnikajúcich fyzických osôb.¹

Prevádzkovateľ – právnická osoba alebo podnikajúca fyzická osoba, ktorá užíva alebo bude užívať objekt alebo zariadenie, v ktorom je alebo bude vyrábaná, spracovávaná, používaná, prepravovaná alebo skladovaná nebezpečná látka v množstve rovnakom alebo väčšom ako je uvedené v prílohe 1 zákona o prevencii závažných havárií.¹

Riziko – pravdepodobnosť vzniku nežiaduceho špecifického účinku, ku ktorému dôjde počas určitej doby alebo za určitých okolností.¹

¹ Zákon č. 59/2006 Sb.

² CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Combined Glossary of Terms*.

³ Zákon č. 353/1999 Sb.

Umiestnenie nebezpečnej látky – projektované množstvo nebezpečnej látky, ktorá je alebo bude vyrábaná, spracovávaná, používaná, prepravovaná alebo skladovaná v objekte alebo zariadení, alebo ktorá sa môže nahromadiť v objekte alebo zariadení pri strate kontroly priebehu priemyslového chemického procesu alebo pri vzniku závažnej havárie.¹

Zariadenie – technická alebo technologická jednotka, v ktorej je nebezpečná látka vyrábaná, spracovávaná, používaná, prepravovaná alebo skladovaná, a ktorá zahŕňa tiež všetky časti potrebné pre prevádzkovanie, napr. stavebné objekty, potrubia, skladovacie tanky, stroje, vlečky a nákladové priestory.¹

Domino efekt – možnosť zvýšenia pravdepodobnosti vzniku alebo veľkosti dopadov závažnej havárie v dôsledku vzájomnej blízkosti objektov alebo zariadení, alebo skupiny objektov alebo zariadení a umiestnenia nebezpečných látok.¹

Spoločenské riziko - vzťah medzi počtom fatálne zranených pri určitej nehode a pravdepodobnosťou, že toto číslo bude prekročené.⁴

Ľudská chyba – Ľudská činnosť alebo nečinnosť, ktorá môže vyvolať nezamýšľaný výsledok.

Nebezpečnosť - je vlastnosť látky alebo fyzikálneho či biologického javu/deja/faktora alebo stav systému (pokiaľ môže byť systém v stave, kedy je nebezpečný, potom sa jedná znovu o jeho vlastnosť), ktorá pôsobí nepriaznivo na zdravie človeka, životné prostredie a materiálne hodnoty.⁵

Látka nebezpečná pre životné prostredie - látky alebo prípravky, ktoré pri vstupe do životného prostredia predstavujú alebo môžu predstavovať okamžité alebo neskoršie ohrozenie pre jednu alebo viac zložiek životného prostredia.⁶

BLEVE - je typ havárie, pri ktorej dôjde k roztrhnutiu tlakovej nádoby na základe expanzie par skladovanej horľavej kvapalnej látky nad normálnym bodom varu vplyvom okolitého požiaru. Podmienkou pre vznik BLEVE je skladovanie kvapalín s nízkym bodom varu pod tlakom. Vznik BLEVE efektu je sprevádzaný vznikom ohnivej gule (fireball).

¹ Zákon č. 59/2006 Sb.

⁴ KOTEK, L.; BABINEC, F. *Kvantifikace a prioritizace rizika metodou IAEA-TECDOC-727*.

⁵ BABINEC, F. *Bezpečnostní inženýrství*.

⁶ Zákon č. 371/2008 Sb.

1 ÚVOD

Chemický priemysel zaznamenal v 20.-tom storočí výrazný rozvoj. Došlo k výstavbe celej rady jednotiek označovaných ako Hi-technology (veľkokapacitných jednotiek, jednotiek pre kvalifikovanú chémiu, farmáciu, jednotiek pre výrobu motorových palív z obnoviteľných zdrojov atď.).

Ľudská spoločnosť sa stáva čoraz viac závislou na chemických látkach a prípravkoch v rôznej podobe. Tieto látky sú významnou súčasťou výrobného procesu v prevažnej väčšine priemyselných odvetví, či už vo forme surovín, technologických látok, polotovarov alebo aj výsledných produktov. Produkty farmaceutického, textilného alebo elektronického priemyslu, atď., majú jeden účel: zlepšiť kvalitu každodenného ľudského života – pritom nezáleží či z hľadiska ekonomického, sociálneho alebo ekologického. Rozvoj chemického priemyslu teda výrazne prispieva k zjednodušeniu širokej škály ľudských aktivít a tým aj k zvýšeniu pohodlia človeka žijúceho v technickej spoločnosti.

Pri výrobe všetkých týchto produktov, ktoré nám uľahčujú náš každodenný život, sa uplatňujú rozmanité chemické postupy (premena chemických látok rôznymi chemickými reakciami), pri ktorých dochádza k manipulácii s nebezpečnými chemickými látkami, s čím je spojená široká škála rôznych rizík.

Okrem pozitívnych aspektov, chemizácia spoločnosti prináša so sebou aj negatívne dôsledky, ktoré zasahujú životné prostredie, majetok a aj samotné zdravie a životy obyvateľstva. Napriek tomu, že sa z roka na rok do rozvoja bezpečnosti chemických procesov a zlepšovania pracovných podmienok investuje čoraz viac finančných prostriedkov, počet havárií spojených s chemickými látkami vo svete neklesá. Rozsah vedeckých poznatkov vymedzuje hranice pre využitie nebezpečných vlastností chemických látok v prospech človeka. Je dôležité, aby si túto skutočnosť uvedomili všetci prevádzkovatelia objektov, v ktorých sa manipuluje s chemickými látkami a aby nepodceňovali žiadne procesy spojené s týmito nebezpečnými látkami (skladovanie, stáčanie, prepravu, atď.).

S narastajúcim využitím chemických produktov vo všetkých sférach ľudského pôsobenia sa teda priamo úmerne zvyšuje aj riziko ich negatívneho dopadu na spoločnosť a životné prostredie. Nároky na bezpečnosť sú vysoké. Pri súčasnom objeme využitia chemických látok v priemysle, nie je možné podceniť žiadny aspekt tohto procesu, aby bol zabezpečený dokonalý priebeh a potenciál vzniku nehody sa redukoval na minimum. Bezpečnosť by mala byť rovnocennou zložkou výrobného procesu a nemala by byť v žiadnom prípade podceňovaná.

Rozvoj chemického priemyslu by mal ísť ruku v ruke s posudzovaním bezpečnosti a návrhom preventívnych opatrení možných rizík, pretože hlavnou príčinou tzv. „chemického rizika“ je skutočnosť, že pokiaľ dôjde ku vzniku havárie, človek má málokedy možnosť minimalizovať negatívne následky. Výsledkom môže byť čiastočne alebo celkom neovládateľný proces (napr. toxický rozptyl, požiar, výbuch), ktorého následok je vždy vo finále rovnaký: fatálne zranenia, dlhodobé zdravotné následky a poškodenie životného prostredia.

Posúdenie bezpečnosti priemyselného komplexu prípadne jednotlivých zariadení s nebezpečnými chemickými látkami je v kompetencii externých a interných posudzovateľov. Tak ako samotný chemický priemysel aj tento proces posúdenia bezpečnosti prechádza rýchlym rozvojom a do praxe prichádzajú nové metódy na hodnotenie bezpečnosti, modelovacie programy na stanovenie dosahu účinkov a nové legislatívne požiadavky. Pri komplexnosti tohto procesu je nevyhnutné venovať detailnú pozornosť každému kroku.

Posudzovateľ teda musí brať do úvahy veľa aspektov nielen v rámci samotného vyhodnocovania bezpečnosti, ale aj pri výbere vhodných metód a postupov.

Kľúčovými krokmi analýzy rizík je identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie a následná detailná analýza vybraných zdrojov rizika. Na základe výstupov z týchto dvoch krokov je možné navrhnuť preventívne opatrenia, ktoré minimalizujú možnosť vzniku a následky závažnej havárie.

Dizertačná práca je zameraná na prvý krok analýzy rizika a to identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie. Mimoriadne udalosti a havárie dokladujú, ako závažné je prehliadnutie zdroja rizika. Cieľom práce je návrh metodiky selekcie zdrojov rizika závažnej havárie s ohľadom na následky spoločenského rizika.

Výstupy z tohto prvého kroku slúžia ako vstupné informácie pre ďalší krok - detailnú analýzu. Aj s ohľadom na systematický a veľmi detailný postup následnej analýzy, nie je možné vylúčiť pravdepodobnosť, že bol opomenutý významný zdroj rizika závažnej havárie. Detailný a dôkladný postup analýzy, ako aj skúsený tím môžu iba znížiť pravdepodobnosť tohto opomenutia.

Správna identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie je určujúcim faktorom efektivity celkovej analýzy rizika. Je nevyhnutné neustále venovať pozornosť tejto fáze a neustále vylepšovať postupy identifikácie zdrojov rizika a prehodnocovať používané metódy.

2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Posúdiť bezpečnosť zložitých technologických komplexov znamená analyzovať riziko pravdepodobnosti vzniku závažnej havárie a následky tejto havárie. Analýza rizika predstavuje zložitý proces, ktorý sa skladá z niekoľkých podkrokov. Pre objektívne zhodnotenie nebezpečnosti jednotlivých zariadení prípadne celých priemyselných objektov je potrebné, aby výstupy z jednotlivých podkrokov na seba logicky a systematicky nadväzovali a vytvorili celok, teda aby došlo ku komplexnému zhodnoteniu nebezpečnosti z hľadiska rôznych možných následkov.

Celkový proces analýzy rizika je možné rozdeliť do dvoch základných krokov:

- **identifikácia nebezpečenstva** - identifikujeme zdroje rizika závažnej havárie s ohľadom na závažnosť následkov a možné havarijné scenáre (aparát, zariadenie ⇒ možný havarijný scenár),
- **kvantitatívne hodnotenie rizika** - hodnotíme zdroje rizika závažnej havárie s ohľadom na počet fatálne zranených (presný dosah následkov ⇒ počet fatálne zranených ⇒ prijateľnosť rizika).

Do procesu *identifikácie nebezpečenstva* je možné zahrnúť:

- identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie – identifikácia zariadení a aparátov s ohľadom na teoretický dosah následkov závažnej havárie,
- detailnú analýzu zdrojov rizika - detailná analýza vybraných aparátov a zariadení a identifikácia havarijných scenárov.

Do procesu kvantitatívneho *hodnotenia rizika* je možné zahrnúť:

- modelovanie následkov závažných havárií,
- odhad pravdepodobnosti reprezentatívnych scenárov závažných havárií,
- stanovenie miery rizika reprezentatívnych scenárov závažných havárií,
- hodnotenie prijateľnosti rizika vzniku závažnej havárie.

V súčasnej dobe priemyselné komplexy tvoria rôzne technologické, skladovacie, pomocné a prepravné zariadenia, ktoré vo veľkej miere obsahujú rôzne nebezpečné chemické látky a prípravky. Počet takýchto zariadení sa pohybuje od niekoľkých desiatok až po tisíce v závislosti na type výroby. Jednotlivé zariadenia sa líšia svojou kapacitou, bezpečnostnými prvkami a systémami, prevádzkovými podmienkami, stupňom automatizácie, frekvenciou činnosti a pod. Zhodnotiť bezpečnosť jednotlivých zariadení, prípadne celých technologických komplexov, nie je jednoduché. Je nutné zobrať do úvahy všetky aspekty, ktoré môžu ovplyvniť vznik závažnej havárie (zlyhanie bezpečnostných prvkov, zlyhanie ľudského činiteľa, atd.), možnosti šírenia havárie (eskalácia požiaru, toxický rozptyl, atď.) a tým dosah následkov závažnej havárie.

Pri analýze rizika sa musia identifikovať všetky možné scenáre vzniku závažnej havárie, stanoviť pravdepodobnosť vzniku jednotlivých scenárov a odhad následkov. Na základe uvedených skutočností, riziko môžeme vyjadriť ako funkciu:

$$\text{Riziko} = f(c, F) \quad [1]$$

Kde: c = odhad následkov hypotetického scenáru,

F = odhad frekvencie vzniku hypotetického scenáru.

Výstupom analýzy rizika by malo byť posúdenie bezpečnosti celého technologického komplexu z hľadiska následkov spoločenského a environmentálneho rizika. Ďalšie štúdie - posúdenie spoľahlivosti ľudského činiteľa a možnosť vzniku domino efektov - dokresľujú závažnosť mimoriadnej udalosti.

Tak ako sa líšia jednotlivé technologické komplexy, líšia sa aj jednotlivé analýzy. Napriek tomu, že postupnosť podkrokov analýzy rizika je stanovená odbornou literatúrou a výsledky aplikácie jednotlivých metód na seba vzájomne nadväzujú, výstupy z jednotlivých analýz sa výrazne líšia. Univerzálnosť postupu jednotlivých podkrokov analýzy rizika je iba formálna. Každá aplikácia jednotlivých metód sa musí prispôbiť prevádzkovým podmienkam daného zariadenia, prípadne podmienkam celého výrobného komplexu.

Napriek tomu, že sa musí zhodnotiť množstvo rôznych faktorov, ktoré ovplyvňujú bezpečnosť procesu, v praxi neexistuje iba jedna metóda na analýzu zariadení s ohľadom na rôzne typy následkov. Typu hodnoteného rizika sa musí prispôbiť detailnosť analýzy a aplikácia vhodnej metódy. Ak má byť hodnotenie rizík objektívne, je nutné do hodnotenia zahrnúť všetky zdroje rizika, ktoré posudzované riziko významne ovplyvňujú.

Proces analýzy rizika ovplyvňuje niekoľko tzv. externých faktorov. Jedná sa o faktory, ktoré priamo nesúvisia s bezpečnosťou zariadení, majú však významný vplyv na výstupnú kvalitu procesu analýzy rizika. Jedná sa o faktor času, finančný faktor, faktor pracovných síl, atď.

Jedným z najdôležitejších faktorov je faktor času. Doba na spracovanie analýzy je stanovená legislatívnymi požiadavkami (zákon č. 59/2006 Zb. „o prevencii závažných havárií“) prípadne je daná požiadavkami prevádzkovateľa daného zariadenia. Analýza rizika, niekedy až tisíce zariadení, je časovo náročný proces. Z tohto dôvodu je nutné, aby výstupy z jednotlivých podkrokov analýzy rizika mali vysokú výpovednú schopnosť.

Pri analýze rizika je potrebné si vždy uvedomiť, čo má byť výstupom danej analýzy a aké metódy je vhodné použiť. Základným a prvým krokom v celkovom procese analýzy rizika je tzv. identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie. Poskytuje vstupné a základné informácie o jednotlivých zariadeniach a zároveň o celkovej situácii v posudzovanom objekte. Bezpečnosť jednotlivých zariadení ako aj celého objektu nie je možné posúdiť bez tohto úvodného kroku. Nesprávna aplikácia jednotlivých metód určených k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie, prípadne ich nevhodné použitie, môže znehodnotiť celý proces analýzy rizika.

2.1 Vývoj procesu identifikácie zdrojov rizika

Identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie predstavuje proces v ktorom „identifikujeme zariadenia s ohľadom na závažnosť následkov“. Zo všetkých zariadení/aparátov s nebezpečnými chemickými látkami identifikujeme tie, ktorých následky v prípade vzniku závažnej havárie, budú mať najhorší dopad na okolité obyvateľstvo, prípadne životné prostredie, majetok a hospodárske zvieratá (podľa hodnoteného typu následkov).

Vývoj metód pre identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie s ohľadom na rôzne typy následkov začal okolo roku 1960 a pokračuje až do súčasnosti.

Ako prvé sa v praxi hodnotili zariadenia z hľadiska následkov (požiar, výbuch, toxický rozptyl) na civilnom obyvateľstve (spoločenské riziko). Tento proces hodnotenia zariadení mal niekoľko etáp. V prvej etape hodnotenia bezpečnosti predstavoval zoznam všetkých aparátov a zariadení zoznam zdrojov rizika závažnej havárie (globálny prístup hodnotiť všetky zariadenia ako zdroje rizika). V ďalšej etape sa „seletovali“ zariadenia na základe skúseností a poznatkov obsluhy a vedúcich prevádzok. Počet položiek v zozname aparátov a zariadení môže v prípade veľkých priemyselných komplexov presiahnuť hodnotu niekoľko sto až tisíc zdrojov rizika. Spracovanie takejto analýzy trvalo v minulosti niekoľko mesiacov (tu je obmedzenie časovým faktorom) a vyžadovalo si zapojenie početného tímu odborníkov (finančný faktor a faktor pracovných síl). Táto skutočnosť bola podnetom pre vytvorenie pravidiel, ktoré sa neskôr aplikovali do jednotlivých metód. Ako prvé sa začali používať v praxi v procese identifikácie zdrojov rizika rôzne screeningové a indexové metódy. Každá z týchto metód je založená na inom princípe hodnotenia.

Screeningová metóda **IAEA - TECDOC – 727** predstavuje tretí vývojový stupeň klasifikačných metód Medzinárodnej spoločnosti pre atómovú energiu (IAEA). Táto metóda bol vyvinutá na základe skúseností s triedením a zoradovaním rizík podľa stupňa dôležitosti v posudzovanej priemyselnej oblasti (klasifikácia a prioritizácia zariadení).⁷

V roku 1964 bola spoločnosťou Dow Chemical Company vyvinutá indexová metóda - **Index požiaru a výbuchu**. FEI poskytuje návod na hodnotenie bezpečnosti zariadení v priemyselných komplexoch pri úniku horľavej alebo výbušnej látky. Postup metódy bol niekoľkokrát od roku vydania aktualizovaný a do databázy vlastností chemických látok boli pridané nové údaje.

Spoločnosť Dow Chemical Company prezentovala v roku 1986 odbornej verejnosti indexovú metódu – **Index chemického ohrozenia** za účelom posúdenia relatívneho ohrozenia obyvateľstva následkami úniku toxickéj látky. Podnetom pre vývoj tejto metódy bola havária v Bopále v roku 1984 (rozptyl toxickéj látky do okolia chemického podniku). Aj postup tejto metódy bol niekoľkokrát od roku 1986 aktualizovaný a do databázy chemických látok boli pridané nové údaje.

V roku 1980 bola v edícii Purple Book publikovaná selektívna metóda. S touto metódou prišiel do praxe nový pohľad na identifikáciu zariadení ako zdrojov rizika závažnej havárie. Zdroje rizika predstavovali zariadenia/jednotky, ktoré by v prípade vzniku závažnej havárie presiahli svojimi následkami hranice posudzovaného objektu a ohrozili tak okolité obyvateľstvo. Hlavným prínosom bola časová úspora v ďalšej detailnej analýze rizika a komplexné a objektívne zhodnotenie bezpečnosti celého priemyselného komplexu.

⁷ KOTEK, L.; BABINEC, F. *Kvantifikace a prioritizace rizika metodou IAEA-TECDOC-727*.

Neskôr sa začali hodnotiť zariadenia z hľadiska environmentálnych následkov, možného ohrozenia domino efektmi a možného zlyhania ľudského činiteľa. Pre identifikáciu zdrojov rizika z hľadiska environmentálnych následkov sa v našich podmienkach používajú predovšetkým nasledujúce metódy: Envitech, H&V Index, Proteus II a Environmental Accident Index. Švédsky index nebezpečenstva pre životné prostredie a holandský model PROTEUS sú uvedené vo Vestníku MŽP č. 3/2007 ako metódy použiteľné pre výber zdrojov rizika, ktorých nebezpečný potenciál je v oblasti pôsobenia na životné prostredie. V ostatných zemiach EU sa využívajú i ďalšie národné metodiky (napr. španielska CIRMA). V rámci EU však neexistuje jednotná oficiálne doporučená metodika. Nezanedbateľným zdrojom rizika sú i splodiny horenia. Je nesmierne ťažké stanoviť zloženie splodín horenia a posúdiť chovanie mraku splodín a vplyv na okolité obyvateľstvo.

Pre identifikáciu zdrojov rizika z hľadiska hodnotenia domino efektov neexistuje presne stanovený metodický postup. Základným princípom hodnotenia možnosti vzniku domino – efektu je stanoviť množstvo nebezpečnej látky, ktorá môže uniknúť a následne stanoviť dosah negatívnych účinkov a možnosť ohrozenia okolitých zariadení.

Spolahľivosť ľudského činiteľa sa hodnotí na základe identifikovaných zariadení (zdrojov rizika) z hľadiska následkov spoločenského rizika. Na hodnotenie ďalších zariadení je možné použiť metódu Critical Incident Technique. Táto metóda slúži pri analýze jednotlivých pracovných pozícií na základe rozhovoru s obsluhou jednotky a vedúcimi pracovníkmi. Metóda slúži na určenie závažnosti havárie, ktorú by mohli pracovníci spôsobiť alebo ako by mohli svojou nečinnosťou ovplyvniť vývoj tejto havárie. Metóda vyžaduje od účastníka rozhovoru, aby popísal tzv. kritické okamihy, ktoré sa vyznačujú tým, že ich príspevok k efektívnemu alebo neefektívnemu výsledku činnosti je zrejмый. Výstupy jednotlivých analýz na seba nadväzujú. Je otázne, či je možné vyvinúť univerzálny postup pre úvodnú identifikáciu zdrojov rizika z hľadiska hodnotenia všetkých možných následkov.

2.2 Rozbor metód používaných k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie

Metódy, ktoré sa už niekoľko desaťročí používajú v praxi na identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie z hľadiska následkov spoločenského rizika, sú založené na rozdielnych princípoch hodnotenia. V nasledujúcom texte sú uvedené základné princípy týchto metód a z nich vyplývajúce nedostatky, ktoré boli zistené na základe veľkého počtu analýz výstupov z aplikácií jednotlivých metód.

Screeningová metóda - IAEA – TECDOC – 727:

- hodnotí následky spoločenského rizika (stanovuje oblasť fatálne zranených) fixných a mobilných zdrojov, ktoré obsahujú horľavé, výbušné a toxické látky na základe vybraných faktorov (množstvo nebezpečnej látky, hustota obyvateľstva, bezpečnosť dopravy, atď.),
- postup metódy je založený na množstve zjednodušujúcich predpokladov:
 - uvažujú sa tri typy následkov, ktoré presne nepopisujú hodnotené scenáre,
 - metóda vo svojom postupe pracuje s intervalovými a tabuľkovými hodnotami (množstvo látky v zariadení, hustota obyvateľstva v zasiahnutom priestore),

-
- hodnotia sa iba štandardné poveternostné podmienky – trieda stability D (neutrálne podmienky),
 - priemerná frekvencia porúch je daná históriou zariadení (daný predpoklad je založený na skúsenostiach),
 - metóda využíva „pravdepodobnostné“ čísla,
 - uvažuje sa 100% úmrtnosť v zasiahnutej ploche, mimo zasiahnutej oblasti sa neuvažujú smrteľné prípady,
 - ovplyvnené pásmo sa odhaduje do vzdialenosti 10 000 m.

Doplňujúci detailný rozbor nedostatkov metódy je uvedený v prílohe 1 tohto dokumentu.

Indexová metóda - Index požiaru a výbuchu:

- metóda vo svojom postupe hodnotí bezpečnosť vybraných zariadení (jednotiek) z hľadiska požiaru a výbuchu na základe obecných a špeciálne procesných nebezpečenstiev,
- hodnotí iba výbušné a horľavé látky, nehodnotí zariadenia s toxickými látkami,
- metóda predpokladá prakticky úplné zničenie aparátov a zariadení následkom požiaru a výbuchu, pričom sa nezaobrá dosahom havárie z hľadiska možnosti zasiahnutia osôb, nestanovuje počet fatálne zranených,
- nezohľadňuje pri výbuchu ďalšie účinky ako sú napr. tlaková vlna alebo lietajúce fragmenty a z postupu hodnotenia následkov nie je jasné, o aký typ požiaru alebo výbuchu sa jedná,
- následky výbuchu sa konzervatívne predpokladajú v tvare valca, kde polomer sa rovná výške valca.

Doplňujúci detailný rozbor nedostatkov metódy je uvedený v prílohe 1 tohto dokumentu.

Indexová metóda - Index chemického ohrozenia:

- metóda hodnotí ohrozenie okolitého obyvateľstva únikom toxickej látky, pričom pri toxickom rozptyle sa predpokladá rýchlosť vetru 5 m/s a neutrálne podmienky počasia,
- metóda nehodnotí zariadenia s horľavými a výbušnými látkami,
- používa pri výpočte CEI hodnoty (ERPG/EEPG), ktoré sú stanovené tak, aby nedošlo k nevratnému poškodeniu zdravia ľudí, a stanovuje plochu, na ktorej nebudú obyvatelia letálne zasiahnutí následkami závažnej havárie,
- pri určení nebezpečnej vzdialenosti pre únik toxických látok sa pri výpočte dosahu nad 10 000 m, konzervatívne predpokladá dosah 10 000 m,
- pri stanovení CEI indexu sa konzervatívne predpokladá maximálna hodnota 1 000.

Doplňujúci detailný rozbor nedostatkov metódy je uvedený v prílohe 1 tohto dokumentu.

Selektívna metóda CPR 18E

Metóda vniesla do procesu identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie mnoho nových racionálnych prístupov, na základe ktorých je možné objektívne vyhodnotiť a vzájomne porovnať rozdielne technológie, a tým vytvoriť komplexný prehľad o zdrojoch rizika v posudzovanom objekte.

Nové postupy v identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie:

- vylúčenie zariadení a chemických látok z analýzy, z dôvodu fyzického odpojenia a zaslepenia jednotlivých zariadení, fyzikálneho stavu (skupenstva) látky, množstva a spôsobu skladovania látky, klasifikácie a umiestnenia látky,
- metóda systematicky rozdeľuje zložité zariadenia - bezpečnosť takýchto zložitých zariadení nie sme schopní často zhodnotiť - na nezávislé jednotky, ktoré už vieme posúdiť,
- komplexné zhodnotenie nebezpečných vlastností chemických látok (horľavosť, výbušnosť, toxicita) z hľadiska následkov spoločenského rizika,
- zhodnotenie prevádzkových podmienok pomocou korekčných faktorov,
- identifikácia zdrojov rizika na základe množstva nebezpečnej látky, ktorá môže uniknúť zo samostatnej jednotky,
- komplexné zhodnotenie bezpečnosti celého posudzovaného objektu na rovnakom princípe,
- porovnateľnosť výsledkov a možnosť prioritizácia zdrojov rizika,
- zhodnotenie umiestnenia zariadenia voči hraniciam objektu a okolitej zástavbe a to stanovením dosahu účinku nebezpečných chemických látok (bezpečná vzdialenosť),
- identifikácia zariadení z hľadiska závažnosti následkov – identifikácia zariadení, ktoré by v prípade vzniku závažnej havárie presiahli svojimi následkami hranice posudzovaného objektu a ohrozili, tak okolité obyvateľstvo,
- transparentné výsledky pre nasledujúcu detailnú QRA.

I keď jednotlivé metódy sú založené na rozdielnych princípoch hodnotenia a vo svojich postupoch majú množstvo zjednodušujúcich predpokladov, všetky vychádzajú zo základného predpokladu, že zdroje rizika (zariadenia s nebezpečnými látkami) sú známe a už je potreba ich iba vyhodnotiť. Screeningové a indexové metódy nie sú určené na posúdenie bezpečnosti celého komplexu, ale iba jednotlivých zariadení. Selektívna metóda CPR 18E, začína od tvorby nezávislej jednotky. U všetkých uvedených metód chýba úvodný, systematický zber informácií o posudzovanom objekte.

Napriek tomu, že o tom aký je negatívny dosah havárie rozhoduje práve množstvo nebezpečnej látky, ktorá v prípade vzniku havárie, unikne zo zariadenia, musíme najprv identifikovať všetky zariadenia/aparáty s nebezpečnými látkami. Až po tomto kroku môžeme posudzovať jednotlivé zariadenia z hľadiska možnosti úniku nebezpečnej látky prípadne zo skupiny zariadení a potrubných trás, ktoré je (prípadne sú) k poškodenému zariadeniu pripojené. Zároveň je potrebné posúdiť bezpečnostné prvky, ktoré umožnia obmedziť alebo úplne minimalizovať únik nebezpečnej látky.

Z analýzy veľkého počtu výsledkov z aplikácií jednotlivých metód na rôzne typy zariadení prípadne na rôzne priemyselne komplexy, vyplývajú nasledujúce skutočnosti:

- neporovnateľnosť identifikovaných zdrojov rizika závažnej havárie, pokiaľ sa zdroje identifikujú kombináciou metód, ktoré sú založené na rozdielnych princípoch (kombinácia výstupov CEI a FEI metód),
- neobjektívna identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie, pokiaľ sa pri identifikácii nezohľadňujú skutočné prevádzkové podmienky (p, t), ktoré ovplyvňujú chemické - fyzikálne vlastnosti nebezpečných látok a určujú tak charakter následkov,
- opomínanie zdrojov rizika závažnej havárie, pokiaľ sa zariadenia hodnotia, bez úvodného, systematického zberu informácií prípadne, pokiaľ sa identifikujú iba na základe pohovoru s obsluhou pri pracovnom stole,
- významným nedostatkom je opomínanie zdrojov rizika závažnej havárie, pokiaľ sa komplexne nehodnotia všetky nebezpečné vlastnosti látok významné pre následky spoločenského rizika (pokiaľ sa na identifikáciu zdrojov použije iba CEI metóda neidentifikujú sa zdroje rizika s horľavými a výbušnými látkami, pokiaľ sa použije kombinácia metód, nemôžeme hovoriť o objektívnej identifikácii zdrojov rizika),
- ďalším významným nedostatkom je nejasná definícia jednotiek, na základe ktorých je možné stanoviť množstvo látky, ktoré môže v prípade vzniku závažnej havárie uniknúť, a na základe ktorého je možné stanoviť teoretický dosah následkov.

V období počiatočného rozvoja bezpečnostného inžinierstva sa pre identifikáciu zdrojov rizika používali aj metódy, ktoré neboli priamo určené pre tento účel. Významným prínosom v oblasti identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie je selektívna metóda CPR 18E. Použitím metódy v stredných a veľkých priemyslových objektoch (anorganická chémia, rafinérie, petrochémia, atď.) boli odhalené jej slabé miesta. Práve z tohto dôvodu je potrebné navrhnúť metodiku pre identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie, do ktorej sa implementujú všetky poznatky získané z aplikácií jednotlivých metód v praxi.

3 CIEĽ DIZERTAČNEJ PRÁCE

Hlavným cieľom dizertačnej práce je návrh metodiky selekcie zdrojov rizika závažnej havárie, vyvinutej na základe znalostí existujúcich metód používajúcich sa k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie a praktických skúseností získaných pri aplikácii vyvíjanej metodiky v priemyselnej praxi (veľké a stredné podniky patriace do kategórie procesného priemyslu, tzn. chemického, petrochemického a farmaceutického priemyslu).

Veľké a stredné chemické, priemyselné podniky/objekty sú tvorené celým radom priemyselných výrob. Výrobné technológie pozostávajú z rôznych aparátov a zariadení, ktoré sú vzájomne prepojené rozsiahlymi potrubnými systémami. Jednotlivé zariadenia/aparáty sú vybavené systémami regulácie, riadiacimi systémami a bezpečnostnými prvkami a systémami. Napriek tomu sa u týchto zariadení stretávame so vznikom priemyselných závažných havárií s nebezpečnými chemickými látkami v zmysle platnej legislatívy.

Je pochopiteľným záujmom spoločnosti odhaliť riziká predtým, než sa prejavia pri prevádzke. Základným krokom pri hodnotení rizík je preventívne odhalenie možných zdrojov rizika, obzvlášť takých zdrojov rizika, pri ktorých následky presahujú hranice objektu. Hovoríme o identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie.

Doposiaľ publikované postupy pre identifikáciu vychádzajú z predpokladu, že zdroje rizika sú známe. Predpokladá sa, že sú známe aj všetky tzv. bezpečnostné jednotky a je potrebné ich iba vyhodnotiť. Jednotlivé aplikácie v priemyselnej praxi ukázali, že zásadné opomenutie a prehliadnutie zdroja rizika môže zmeniť zaradenie objektu/zariadenia do skupiny podľa zákona „o prevencii závažných havárií“ a zároveň sa ukázalo, že kroky hodnotenia zdrojov rizika je potrebné ďalej upresňovať.

Identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie (nezáleží na hodnotenom type následkov):

- je systematický postup začínajúci od prehliadky objektu, s následným vytvorením zoznamu všetkých aparátov/zariadení, skladov a stavebných objektov a identifikácia všetkých bezpečnostných jednotiek,
- predpokladom úspechu je tímová práca a konsensus pri formulácii záverov prehliadky objektu,
- objektívnosť výsledkov je daná konzultáciami s odborníkmi zo strany prevádzkovateľa a uznávaných autorít v oblasti bezpečnostného inžinierstva,
- výsledky identifikácie zdrojov rizika musia byť transparentné.

Súbor čiastkových cieľov dizertačnej práce je možné formulovať nasledujúcim spôsobom:

- návrh zásad pre systematickú, detailnú kontrolu objektu z hľadiska prítomných nebezpečných chemických látok a prípravkov,
- návrh doporučení pre tvorbu zoznamu všetkých zdrojov rizika v objekte, uváženie počtu prepravných zariadení (AC, ŽC) a pozícií stáčania/plnenia cisterien, sklady a podzemné skladovacie priestory,
- návrh postupu pre identifikáciu bezpečnostných jednotiek (uváženie vplyvu typu armatúr) a overenie na praktických aplikáciách,

-
- modifikácia postupu pre posúdenie bezpečnosti jednotiek pomocou identifikačných a selektívnych čísel,
 - modifikácia pravidiel pre výber zdrojov rizika závažnej havárie,
 - návrh využitia jednotlivých krokov z navrhovanej metodiky pre identifikáciu zdrojov rizika, s ohľadom na následky environmentálneho rizika, z hľadiska identifikácie zariadení s potenciálom vzniku domino – efektu, identifikácia pracovných pozícií pri hodnotení spoľahlivosti ľudského činiteľa,
 - modifikácia pravidiel pre výber environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie.

Čiastkovým cieľom práce je tiež overenie navrhovanej metodiky selekcie zdrojov rizika na praktickej prípadovej štúdií.

4 ROZBOR SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E

Selektívna metóda CPR 18E bola ako jedna z prvých metód vyvíjaná za účelom identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie. Napriek tomu, že táto metóda vniesla nový pohľad na zdroje rizika závažnej havárie, s ohľadom na následky spoločenského rizika, je nutné uvedomiť si, že sa jedná o metodický návod. Objekty s procesnými zariadeniami spravidla predstavujú unikátne zariadenia. Takto je nutné k jednotlivým zariadeniam pristupovať. Nie je možné jednoducho prenášať výsledky štúdie z jedného zariadenia na iné. Z tohto pohľadu si realizácia obecných krokov metódy vyžaduje znalosti a skúsenosti z prevádzky uvedených zariadení, ktorými je možné metódu modifikovať a dopracovať.

Výstupom metódy je zoznam zariadení/nezávislých jednotiek (zdrojov rizika závažnej havárie) pre následnú detailnú analýzu QRA.

Vlastný postup metódy je nasledujúci⁸:

1. Rozdelenie posudzovaného objektu/podniku na nezávislé jednotky.
2. Stanovenie **indikačného čísla A**, ktoré vyjadruje skutočnú mieru nebezpečnosti každej nezávislej jednotky.
3. Stanovenie **selektívneho čísla S**. Selektívne číslo S vyjadruje mieru nebezpečnosti jednotky v posudzovanom bode. Nebezpečnosť jednotky sa stanovuje pre množinu bodov v okolí (na hranici) objektu.
4. Výber jednotiek, vyžadujúcich ďalšiu analýzu QRA na základe relatívnej hodnoty selektívneho čísla S.

4.1 Nezávislá jednotka

Prvým krokom v postupe metódy je vytvorenie **nezávislých jednotiek**. V samotnom postupe je uvedené, že sa jedná o náročný krok, ktorý môže vyvolať mnoho otázok. Napriek tomu, že metóda ako prvá definuje vlastnosti takejto jednotky:

„Dôležitým kritériom pre definovanie "samostatných jednotiek/zariadení" je skutočnosť, že únik obsahu jednej jednotky nevyvolá významný únik z druhej jednotky/zariadenia. V dôsledku toho sú dve jednotky/zariadenia považované za dve samostatné jednotky/zariadenia vtedy, pokiaľ môžu byť v prípade havárie od seba oddelené vo veľmi krátkom čase.“⁸

Je zrejmé, že k vytváraniu nezávislých jednotiek nie je možné pristúpiť, iba na základe konzultácií s obsluhou zariadení na technologickými schémami.

Tomuto kroku musí predchádzať úvodný, systematický zber údajov o jednotlivých zariadeniach, aparátoch, ktoré sa nachádzajú v posudzovanom objekte a následná identifikácia všetkých zariadení a aparátov a objektov s nebezpečnými látkami. Až po tomto dôkladnom oboznámení sa s posudzovaným objektom, jednotlivými technologickými časťami, typmi nebezpečných látok, atď. je možné pristúpiť k tvorbe nezávislých jednotiek.

⁸ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

Pri analýze rizika bývajú často opomínané práve prepravné zariadenia (ŽC, AC), pokiaľ sa zariadenia, aparáty selektujú bez úvodného systematického zberu informácií.

Napriek jasnej definícii nezávislých jednotiek, je potrebné detailne sa zaoberať, bezpečnostnými prvkami, ktoré sa nachádzajú v jednotlivých technológiách. Musí sa objektívne posúdiť či umožnia oddelenie jednotlivých zariadení vo veľmi krátkom čase.

Bezpečnostné prvky, ktoré umožnia tvorbu nezávislých jednotiek, je potrebné posúdiť aj vzhľadom k nebezpečným vlastnostiam látok. Skúsenosti z praxe dokazujú, že bezpečnosť nezávislej jednotky s horľavou látkou je rozdielna voči bezpečnostnej jednotke s toxickou látkou (dosah následkov toxického rozptylu býva omnoho výraznejší, ako dosah následkov požiaru alebo výbuchu).

Selektívna metóda CPR 18E vo svojom postupe nemá uvedený princíp na akom sa musia nezávislé jednotky identifikovať, aby bola splnená definícia nezávislej jednotky.

Napriek tomu, že selektívna metóda CPR 18E bola už aplikovaná na rôzne typy priemyselných komplexov, v praxi sa stále stretávame práve s nesprávnou identifikáciou nezávislých jednotiek. Základným nedostatkom je vytváranie nezávislých jednotiek pomocou nevhodného typu armatúr predovšetkým pri delení technologických častí. U zásobníkov, prepravných zariadení, kde sa vychádza z prirodzenej samostatnosti zariadení, je identifikácia samostatnej jednotky jednoznačná. V technologických častiach, kde sú zariadenia a aparáty zložito prepojené sa však jedná o náročnú úlohu.

Je zrejmé, že tento proces nie je možné podceniť či už z hľadiska zberu vstupných informácií alebo dôkladnej analýzy bezpečnostných prvkov pre tvorbu nezávislých jednotiek. Správna identifikácia všetkých nezávislých jednotiek s nebezpečnými látkami je dôležitý krok, ktorý významne ovplyvňuje hodnotu indikačného čísla, následne hodnotu selektívneho čísla a vo finále aj celkový zoznam zariadení identifikovaných ako zdroj rizika závažnej havárie.

Na základe praktických aplikácií selektívnej metódy CPR 18E navrhujem modifikačné pravidlo pre hodnotenie bezpečnosti nezávislej jednotky:

- v prípade, že dve samostatné (identické) zariadenia s nebezpečnými látkami sú identifikované ako dve nezávislé jednotky, (napr. dva guľové zásobníky, rovnaký objem, rovnaké prevádzkové podmienky, stupeň plnenia, tá istá nebezpečná látka) je nutné, aby v zozname nezávislých jednotiek boli uvedené samostatne a hodnotené samostatne ⇒ jedná sa o dva samostatné zdroje rizika. Pokiaľ sa hodnotí v takom prípade iba jedna nezávislá jednotka (druhá je analogická), pri stanovení frekvencie výsledného scenáru závažnej havárie sa musí počet rovnakých jednotiek/zariadení zohľadniť, čo sa však často opomína (napr. frekvencia úplného roztrhnutia jedného zásobníku je 5×10^{-7} /rok, v prípade prevádzky dvoch zariadení je výsledná frekvencia vzniku takéhoto scenáru: $2 \times 5 \times 10^{-7}$ /rok = 1×10^{-6} /rok).

Na základe praktických skúseností navrhujem modifikáciu postupu selektívnej metódy CPR 18E:

- pred úvodný krok identifikácie nezávislých jednotiek, sa musí doplniť systematický zber informácií o posudzovanom objekte a jednotlivých zariadeniach s vypracovaním zoznamu všetkých zariadení/aparátov s nebezpečnými látkami,
- z dôvodu objektívnej identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie sa musí pri analýze hodnotiť maximálny počet prepravných zariadení (AC, ŽC), ktoré sa môžu v danom objekte nachádzať.

4.2 Indikačné číslo

Druhým krokom v selektívnej metóde je stanovenie tzv. **indikačného čísla** práve na základe identifikovanej nezávislej jednotky. Indikačné číslo vyjadruje práve mieru nebezpečnosti každej nezávislej jednotky na základe množstva a vlastností nebezpečných látok a prevádzkových podmienok⁹.

Z hľadiska identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie je možné k indikačnému číslu pristupovať ako:

- k vyjadreniu množstva látky v nezávislej jednotke voči medznému množstvu a korekčných faktorov, ktoré zahŕňajú prevádzkové činnosti a parametre ovplyvňujúce možnosť úniku nebezpečnej látky.

Výpočet indikačného čísla:

$$A = \frac{Q}{G} \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3 \quad [2]$$

kde: Q - množstvo prítomnej látky v zariadení/nezávislej jednotke [kg],

O_1 - faktor pre procesnú jednotku alebo pre skladovaciu jednotku,

O_2 - faktor zohľadňujúci umiestnenie jednotky,

O_3 - faktor zahrňujúci množstvo látky v plynnom stave po úniku v závislosti na prevádzkovej teplote, normálnom bode varu, skupenstve látky a teplote okolia,

G - medzná hodnota - medzné množstvo látky pre vybrané nebezpečné vlastnosti [kg].

Základný vzťah:

$$A = \frac{Q}{G} \quad [3]$$

vyjadruje koľkokrát je v samostatnej jednotke prekročené medzné množstvo selektívnej metódy CPR 18E.

Faktory O_1 , O_2 , O_3 môžu ovplyvniť výslednú hodnotu indikačného čísla rozmedzím hodnôt 10^{-3} až 10^1 , ktoré môžu podľa pravidiel metódy nadobúdať.

Vzhľadom k tomu, že v postupe metódy je uvedené, že pokiaľ sa samostatná jednotka nachádza od hraníc objektu vo vzdialenosti menšej ako je stanovená bezpečná vzdialenosť (100 m), hodnota selektívneho čísla sa rovná hodnote indikačného čísla. V tom prípade sú zdroje rizika závažnej havárie identifikované práve na základe hodnoty indikačného čísla.

Výhodou metódy je skutočnosť, že umožňuje posúdiť nebezpečné vlastnosti látok (toxické, horľavé, výbušné), ktoré sa nachádzajú v nezávislej jednotke a zároveň aj prevádzkové podmienky (skupenstvá látky), za ktorých sa látka v jednotke nachádza. Výsledná hodnota

⁹ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

indikačného čísla sa stanovuje ako súčet indikačných čísel pre jednotlivé prevádzkové podmienky. Tento súčet sa stanovuje zvlášť pre každú nebezpečnú vlastnosť látky.

Počet indikačných čísel v jednej nezávislej jednotke sa môže podľa počtu nebezpečných vlastností látky pohybovať od 1 ÷ 3.

Možné typy indikačných čísel: (A^F), (A^T), (A^E).

Na základe hodnoty indikačného čísla podľa druhu nebezpečnej vlastnosti látky, je zrejmé, ktorou vlastnosťou je daná látka nebezpečnejšia.

Nedostatkom býva práve opomínanie posúdenia všetkých nebezpečných vlastností látky (z hľadiska následkov spoločenského rizika) a všetkých prevádzkových podmienok práve pri nezávislých jednotkách, ktoré tvoria procesné zariadenia.

Z dôvodu stanovenia všetkých možných identifikačných čísel navrhujeme modifikáciu:

- do zoznamu identifikovaných nezávislých jednotiek sa ku každej nebezpečnej látke musia napísať všetky jej nebezpečné vlastnosti z hľadiska následkov spoločenského rizika a všetky skupenstvá, v ktorých sa látka v jednotke nachádza.

4.2.1 Množstvo látky v nezávislej jednotke a korekčné faktory

Základným faktorom, ktorý významne ovplyvňuje hodnotu indikačného čísla je množstvo látky v nezávislej jednotke.

V postupe metódy je uvedené, že je potrebné uvažovať aj s tvorbou žiaducich aj nežiaducich látok v dôsledku straty kontroly procesu.

V príručke metódy sú uvedené 4 základné pravidlá pre stanovenie množstva látky:

- pre zmesi a prípravky,
- pre skladovanie nebezpečných látok v obaloch v malých množstvách,
- pre skladovanie toxických látok v pevnom skupenstve,
- pre skladovanie rôznych typov nebezpečných látok.

Samotné stanovenie množstva látky v nezávislej jednotke je náročný proces, pokiaľ sa jedná predovšetkým o procesné zariadenia. Do jednej jednotky môže vstupovať viacero nebezpečných látok a produktom je nová látka s novými vlastnosťami.

Ďalej sa musí uvážiť aj skutočnosť, že nie vždy sa množstvo látky v nezávislej jednotke rovná množstvu látky, ktorá pri vzniku mimoriadnej udalosti unikne.

Nesprávnym stanovením množstva látky v nezávislej jednotke sa môže výrazne nadhodnotiť alebo podhodnotiť hodnota indikačného čísla, a tým sa významným spôsobom na teoretickej úrovni zvýši alebo zníži bezpečnosť nezávislej jednotky \Rightarrow zo zdroja rizika závažnej havárie vznikne zdroj rizika a naopak.

Faktor O_1

Bezpečnosť nezávislej jednotky neovplyvňujú len bezpečnostné prvky, ktoré umožnia obmedziť prípadne úplne minimalizovať únik látky ale aj skutočnosť, či sa jedná o skladovací alebo manipulačný proces.

Skladovací proces predstavuje činnosť, pri ktorej je látka umiestnená v určitom zariadení za stanovených podmienok (p, t). K zmene skladovacích podmienok dochádza iba vplyvom okolitých podmienok. K zmene výšky hladiny v zásobníku a k zmenám fyzikálne – chemických vlastností látok nedochádza, nevznikajú nové produkty ani medzi produkty, atď.

Manipulačný proces predstavujú rôzne procesy, pri ktorých dochádza k zmene prevádzkových parametrov, k zmene skupenstiev a vlastností látok, ku vzniku nových produktov, medzi produktov, atď.

Z praxe vyplýva, že je väčšia pravdepodobnosť úniku nebezpečnej látky pri manipulačnom procese, z dôvodu väčšieho počtu procesov, ako pri skladovacom procese.

Selektívna metóda zohľadňuje túto skutočnosť pomocou faktoru O_1 . Tento faktor môže nadobúdať dve hodnoty, podľa toho či sa jedná o skladovanie nebezpečných látok alebo manipulácie/technologický proces. Hodnoty faktoru O_1 sa líšia o jeden rád.

Tabuľka 1– Hodnoty faktoru O_1

Typ zariadenia	O_1
Technologický proces/Manipulácia	1
Skladovanie	0,1

V postupe metódy je uvedené, že „prepravné zariadenie sa považuje za procesnú jednotku/zariadenie, pokiaľ je doba, kedy je prepravné zariadenie prepojené s procesnou jednotkou/zariadením kratšia ako 1 deň. Vo všetkých ostatných prípadoch je prepravné zariadenie považované za skladovaciu jednotku/ zariadenie“¹⁰.

V prípade, že prepravná jednotka plní funkciu zásobníku, je napojená na stabilné potrubie a postupne sa vyprázdňuje, jedná sa o proces skladovania. Naproti tomu cisterna s LPG, ktorá je s ohľadom na spôsob vyprázdňovania postupne opakovane pripojovaná k rôznym automobilovým cisternám v priebehu niekoľkých dní, musí byť hodnotená ako procesné zariadenie. Je zrejmé, že pre posúdenie bezpečnosti nezávislej jednotky, uvedené pravidlo nie je možné vždy doslovne aplikovať a posúdenie faktoru O_1 musí byť kvalifikované.

V praxi sa stretávame s dvomi typmi zásobníkov. Zásobníky, ktoré sú súčasťou technologického procesu (procesné zásobníky - dochádza k neustálemu pohybu hladiny) a so zásobníkmi, ktoré slúžia ako sklady (k pohybu hladiny dochádza raz za určité časové obdobie). Stanovenie faktoru O_1 pre takéto zariadenia je zložitá. V prípade, že sa k zásobníkom, ktoré slúžia ako sklady, priradí hodnota $O_1 = 0,1$; indikačné číslo (v prípade, že indikačné číslo = selektívne číslo) pre zásobníky, ktoré obsahujú dvojnásobné množstvo nebezpečnej látky je menšie ako pre prepravné zariadenia, ktoré sú hodnotené ako procesné jednotky.

¹⁰ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

Praktický príklad:

Tabuľka 2 – Indikačné a selektívne čísla pre vybrané typy jednotiek

P.č	Nezávislá jednotka	Množstvo látky	Proces/sklad	A = S
1.	Zásobník	96,5 t	0,1	32,166
2	Železničná cisterna	45,5 t	1,0	151,666

Napriek tomu, že v zásobníku sa nachádza dvojnásobné množstvo nebezpečnej látky, hodnota indikačného čísla je výrazne menšia. V prípade, že by sa zásobníky vždy hodnotili ako procesné jednotky, mohla by nastať situácia, že ako zdroj rizika závažnej havárie budú identifikované skladovacie zariadenia, u ktorých dochádza k procesu 1 x za určité obdobie a procesné jednotky, budú prekryté práve hodnotou selektívneho čísla (indikačného čísla) skladovacieho zariadenia. Toto by však nevytvrdilo o skutočnej situácii v posudzovanom objekte.

Pre stanovenie hodnoty faktoru O_2 navrhujem modifikáciu stanovených pravidiel:

- počet nezávislých jednotiek (prepravných zariadení), ktoré sa hodnotia ako procesné jednotky sa rovná počtu stáčacích pozícií v objekte,
- počet nezávislých jednotiek (prepravných zariadení), ktoré sa hodnotia ako skladovacie jednotky sa rovná maximálnemu počtu prepravných zariadení, ktoré sa môžu nachádzať v objekte,
- skladovacie zariadenia sa musia hodnotiť ako skladovacie alebo procesné zariadenia až na základe odborného posúdenia početnosti procesov s obsluhou daných zariadení.

Faktor O_2

Faktor O_2 zohľadňuje umiestnenie jednotky z hľadiska zamedzenia možnosti šírenia uniku nebezpečnej látky. Faktor O_2 môže nadobúdať dve hodnoty, ale v tomto prípade sa musí posúdiť viacero faktorov, ktoré súvisia s prevádzkou nezávislej jednotky.

Tabuľka 3 – Hodnoty faktoru O_2

Umiestnenie	O_2
umiestnenie mimo budovy (na otvorenom priestranstve)	1
umiestnenie vo vnútri budovy (v uzatvorenom priestore)	0,1
jednotka umiestnená v jímke a prevádzková teplota T_p je menšia ako teplota normálneho bodu varu zvýšená o 5 °C, tzn. $T_p \leq T_{bv} + 5^\circ\text{C}$	0,1
jednotka umiestnená v jímke a prevádzková teplota T_p je vyššia ako teplota normálneho bodu varu T_{bv} zvýšená o 5 °C, tzn. $T_p > T_{bv} + 5^\circ\text{C}$	1

Základný krok je posúdenie umiestnenia nezávislej jednotky/zariadenia: nezávislá jednotka sa nachádza vo vnútri budovy alebo mimo budovy.

V prípade, že sa jednotka/zariadenie nachádza na otvorenom priestranstve, je možné znížiť hodnotu faktoru, práve zhodnotením či sa nachádza jednotka v záchytnej jímke a porovnaním bodu varu a prevádzkovej teploty.

V postupe metódy sú uvedené 4 typy zásobníkov, ktoré je možné považovať za zariadenia so záchytnými jímkami (dvojplášťové atmosférické zásobníky, podzemné zásobníky, atď.).

Pokiaľ sa nezávislá jednotka/zariadenie nachádza vo vnútri budovy základná hodnota faktoru je $O_2 = 0,1$. V prípade úniku kvapalnej látky s vysokým bodom varu, budova zamedzí rozliatiu látky do okolia. Pri úniku skvapalnenej látky, sa musí posúdiť odolnosť budovy po pôsobení tlaku, ktorý je vyvolaný práve uvoľnením skvapalnených látok. Táto skutočnosť býva v praxi často opomínaná.

Dôležitá je odolnosť budovy voči pretlaku. V prípade, že budova nie je odolná a dimenzovaná proti úniku, musí sa pri stanovovaní faktoru O_2 postupovať veľmi opatrne. Budova musí významne redukovať únik látky do okolia. V postupe metódy je uvedené, že sa vyžaduje, aby¹¹:

- a) uzatvorený priestor zostal nepoškodený aj po pôsobení tlaku, ktorý je vyvolaný okamžitým uvoľnením skladovaných látok,
- b) uzatvorený priestor významne znížil okamžité uvoľňovanie do atmosféry.

Faktor O_3

Faktor O_3 zahrňuje vplyv prevádzkových podmienok a vyjadruje množstvo látky, ktorá bude po úniku z nezávislej jednotky v plynnej fáze. Faktor O_3 ovplyvňuje výslednú hodnotu indikačného čísla najväčším rozpätím a to od hodnoty 0,1 (pre látky v pevnom skupenstve) až po hodnotu 10 (látky v plynnom skupenstve).

Faktor O_3 pre kvapalné látky sa stanovuje na základe prevádzkovej teploty a tlaku.

4.2.2 Medzné množstvo G

Medzné množstvá pre jednotlivé nebezpečné látky sú stanovené k vzdialenosti 100 m od hraníc objektu. Jedná sa o tzv. bezpečnú vzdialenosť. Pri dodržaní bezpečnej vzdialenosti a bezpečného množstva sú následky neočakávanej udalosti v tejto vzdialenosti bezpečné alebo významne eliminované.

a) Horľavé látky

Medzné množstvo G je 10 000 kg pre všetky horľavé chemické látky a prípravky (horľavé, vysoko horľavé, extrémne horľavé). Hodnota je stanovená pre najhorší následok úniku horľavej látky – výbuch s pretlakom 0,3 bar vo vzdialenosti 100 m.

b) Toxické látky

Medzné množstvo G sa pre toxické látky stanovuje na základe hodnoty LC_{50} a skupenstva látky pri teplote 25°C. LC_{50} vyjadruje toxicitu látky, ktorá je stanovená laboratórnym spôsobom (potkan, inhalačne, 1 hod.). Tabuľka s medznými hodnotami pre toxické látky je uvedená v prílohe 2 tejto práce.

¹¹ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

Poznatky z praxe dokazujú, že významným nedostatkom je hodnotenie látky na základe skupenstva pri 25°C a nie na základe skupenstva, v ktorom sa v nezávislej jednotke nachádza. Medzná hodnota faktoru výrazne nadhodnocuje bezpečnosť jednotky, v ktorej sa látka nachádza v plynnom skupenstve.

Príkladom je únik toxickej látky z nezávislej jednotky, kde sa nachádza v plynnej fáze a z jednotky, kde sa nachádza v kvapalnej fáze. Dosah toxického rozptylu u látky v kvapalnej fáze je daný odparom látky a následným rozptylom vplyvom okolitých podmienok (teplota okolia 10°C, rýchlosť vetru 1,7 m .s⁻¹). Napriek tomu, že množstvo látky v kvapalnej fáze je až 8 x násobne väčšie, dosah toxického rozptylu je iba 4 x výraznejší.

Príklad dosahu toxického rozptylu látky:

Tabuľka 4 - Dosah účinkov úniku toxickej látky

P.č.	Nezávislá jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke	Skupenstvo látky, v ktorom sa nachádza v nezávislej jednotke	Dosah následkov
1.	Reakčná časť výroby	HCN	161 kg	G	212 m
2.	Zásobník	HCN	5 000 kg	L	825 m

Hodnota indikačného čísla a následne hodnota selektívneho čísla sa výrazne zmenší. Zo zdroja rizika závažnej havárie vznikne zdroj rizika. V nasledujúcej tabuľke 5 sú uvedené príklady, ako sa mení hodnota indikačného čísla na základe medzného množstva.

Príklad dosahu toxického rozptylu látky:

Tabuľka 5 - Hodnoty indikačného čísla

P.č.	Nezávislá jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke	Skupenstvo látky, v ktorom sa nachádza v nezávislej jednotke	Medzná hodnota [kg]	Indikačné číslo A [-]
1A	Reakčná časť výroby	HCN	161 kg	G	30 (medzné množstvo stanovené pre skupenstvo látky v akom sa nachádza v jednotke - plyn)	53,666
1B	Reakčná časť výroby	HCN	161 kg	G	100 (medzné množstvo stanovené na základe doterajších pravidiel - kvapalina)	16,1
2.	Zásobník	HCN	5 000 kg	L	100	2,230

Modifikácia pravidla pre stanovovanie medznej hodnoty pre toxické látky:

- medzná hodnota pre toxické látky sa stanovuje na základe hodnoty LC₅₀ a skupenstva látky, v ktorom sa nachádza v nezávislej jednotke.

c) Výbušné látky

Medzná hodnota sa stanovuje pre také množstvo látky (kg), ktoré uvoľní ekvivalentné množstvo energie ako 1000 kg TNT (energia explózie 4600 kJ/kg). Táto hodnota je znova stiahnutá k bezpečnej vzdialenosti 100 m.

Dosah účinkov výbuchu 1000 kg TNT (energia explózie 4600 kJ/kg) vo vzdialenosti 100 m je: 15 kPa výbuchového pretlaku. Pre hodnotu 15 kPa sa uvádzajú účinky na človeka: prasknutie ušných bubienkov, čiastočné poškodenie pľúc.¹² Tepelný účinok v danej vzdialenosti sa už nehodnotí.

4.3 Selektívne číslo a výber zdrojov rizika závažnej havárie

Hodnota selektívneho čísla umožňuje identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie. Stanovuje sa na základe hodnoty indikačného čísla, vzdialenosti zdrojov rizika závažnej havárie k hraniciam objektu a bezpečnej vzdialenosti, a dosahu účinkom nebezpečných vlastností (toxický rozptyl, výbuch).

Počet selektívnych čísel pre jednu nezávislú jednotku môže byť od 1÷3 (S^F, S^T, S^E). podľa počtu stanovených indikačných čísel.

Selektívne číslo sa stanovuje pre skupinu bodov, ktoré sú rozmiestnené na hranici objektu (minimálne pre 8 bodov), pričom v postupe metódy je uvedené, že maximálna vzdialenosť medzi jednotlivými bodmi je 50 m.

Pokiaľ by sme zväčšovali vzdialenosti medzi jednotlivými bodmi, výslednú hodnotu selektívneho čísla by sme zmenšovali s druhou (toxický rozptyl látky) prípadne treťou mocninou (výbuch látky).

V postupe metódy sú stanovené pravidlá pre stanovovanie hraníc objektu voči vodnému toku (hranica sa stanovuje až za vodnou plochou). Táto skutočnosť býva v praxi často opomínaná. Týmto pravidlom je uvážený fakt, že sa hodnotia následky voči obývanej oblasti, ktorá sa nachádza až za vodným tokom a hodnota selektívneho čísla sa tak umelo nenavysuje.

Nezávislé jednotky pre kvantitatívne hodnotenie rizika QRA sa vyberajú na základe hodnoty selektívneho čísla:¹³

- selektívne číslo jednotky vo zvolenom bode na hranici objektu je väčšie ako 1. Pri väčšom počte zdrojov so selektívnym číslom väčším ako 1 sa berú do hodnotenia tie zdroje, ktorých hodnota selektívneho čísla je väčšia ako 50% hodnoty maximálneho selektívneho čísla v posudzovanom bode (systém prekrývania zdrojov rizika závažnej havárie),
- selektívne číslo jednotky je väčšie ako 1 v bode v obývanej oblasti, (platí pre existujúce alebo plánované jednotky) v mieste najbližšie k jednotke.

¹² HYMES, J.; BOYDELL, W.; PRESCOTT, B. *Thermal Radiation: Physiological and Pathological Effects*.

¹³ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

Prínosom selektívnej metódy CPR 18E je prioritizácia zdrojov rizika závažnej havárie. Z vysokého počtu nezávislých jednotiek sa identifikujú tie zdroje rizika závažnej havárie, u ktorých sa predpokladá najväčší dosah následkov z hľadiska množstva látky voči medznému množstvu, prevádzkových podmienok a vzdialenosti nezávislej jednotky od hraníc objektu. Výhodou daného systému je, že vo finále dôjde k veľkej časovej úspore v celkovom procese analýzy rizika. Nevýhodou je, že daným systémom dôjde k prekrytiu zdrojov rizika, ktoré obsahujú veľké množstvo nebezpečnej látky, pričom vzhľadom k danému množstvu, by sa malo detailne posúdiť, ako sa s látkou zachádza - aké bezpečnostné prvky zamedzia úniku látky prípadne minimalizujú následky úniku.

4.4 Hodnotenie potrubných systémov

V postupe selektívnej módy sú uvedené základné pravidlá pre hodnotenie potrubných systémov. Objemné potrubné rozvody prepojujúce technologické jednotky môžu významne prispievať k riziku a to z nasledujúcich dôvodov¹⁴:

- potrubia medzi technologickými jednotkami/zariadeniami sú umiestnené blízko hraníc petrochemického komplexu,
- z potrubí medzi technologickými jednotkami/ zariadeniami môže uniknúť veľké množstvo nebezpečnej látky s ohľadom k ich svetlosti a dĺžke a prítoku z pripojených aparátov,
- potrubia medzi technologickými jednotkami/zariadeniami majú vyššiu frekvenciu porúch.

Napriek tomu, potrebné systémy patria k zariadeniam, ktoré sú často pri analýze opomínané – predovšetkým potrubné rozvody zemného plynu, vstupy produktov, atď.

Selektívna metóda bola aplikovaná na špecifické hodnotenie potrubných trás v petrochemickom komplexe, kde potrubné rozvody tvoria niekoľkokilometrovú sieť. Jednotlivé potrubia sú zložito prepojené. Potrubné mosty sú viac etážové. Napriek tomu, že väčšina potrubných trás je osadená ručnými armatúrami, počet identifikovaných nezávislých jednotiek bol značne vysoký. Potrubné mosty boli vždy hodnotené pre skupinu bodov umiestnených na potrubnej trase voči bodom na hranici objektu. Pri posudzovaní bezpečnosti potrubných systémov boli zhodnotenú nasledujúce kritéria:

- prevádzkový stav potrubia (zalomenie jednotlivých potrubí, zmena DN, výška potrubného mostu, vek potrubia, izolácia potrubia, typ armatúr, frekvencia používania jednotlivých potrubných trás),
- poloha potrubnej trasy: (vzdialenosť potrubných mostov (trás) od jednotlivých prevádzok, vzdialenosť potrubných mostov (trás) od hraníc objektu, vzdialenosť potrubných mostov (trás) k miestam kde sa nachádza vyšší počet zamestnancov, vzájomné kríženie potrubných mostov – možnosť vzniku domino efektu),
- vplyv potrubnej trasy na prevádzkové jednotky (možný dopad odstavenia potrubia v prípade vzniku havárie na prevádzku jednotiek, možnosť prevedenia bypassu potrubnej trasy, možnosť odpustenia potrubnej trasy na poľný horák, doba do zistenia prípadnej závažnej havárie).

¹⁴ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

V prvej fáze analýzy bol vytvorený komplexný zoznam potrubných trás so všetkými nebezpečnými látkami. Následne sa potrubné trasy rozdelili na nezávislé jednotky v zmysle definície.

Potrubné trasy boli hodnotené ako procesné zariadenia.

Výsledky selektívnej metódy CPR 18E:

Tabuľka 6 - Výsledky selektívnej metódy CPR 18E - potrubné systémy

Počet hodnotených nebezpečných látok:	51
Počet identifikovaných nezávislých jednotiek:	430
Počet zdrojov rizika závažnej havárie:	32

Z celkového počtu 430 nezávislých jednotiek (zdrojov rizika) bolo posúdením uvedených faktorov identifikovaných 32 zdrojov rizika závažnej havárie, čo z celkovej počtu predstavuje 7,44% nezávislých jednotiek.

Jedná sa o zdroje rizika závažnej havárie, ktoré svojimi následkami presiahnu hranice petrochemického komplexu a ohrozia, tak okolité obyvateľstvo.

Detailný zoznam zdrojov rizika závažnej havárie je uvedený v prílohe 3 tohto dokumentu.

5 NÁVRH METODIKY SELEKCIE ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

Dosah následkov závažnej havárie závisí na množstve nebezpečnej látky, ktorá v prípade vzniku havárie unikne zo zariadenia/nezávislej jednotky a ohrozí okolité obyvateľstvo. Selektívna metóda CPR 18E sa ako prvá zaoberala tzv. nezávislými jednotkami, na základe ktorých sa stanoví množstvo látky pri úniku. Z rozboru danej metódy vyplynulo, že základným krokom navrhovanej metodiky musí byť identifikácia všetkých aparátov/zariadení s chemickými látkami a prípravkami, aby sa minimalizovala možnosť opomenutia významného zdroja rizika. Až po vytvorení daného zoznamu, sa môžu zdroje rizika hodnotiť z hľadiska:

- účinkov nebezpečných vlastností látok (následky na človeku, ŽP, majetku),
- identifikácie bezpečnostných jednotiek a množstva látky, ktorá môže v prípade havárie uniknúť.

Na základe uvedených skutočností bola navrhovaná metodika selekcie zdrojov rizika závažnej havárie rozdelená do dvoch základných častí:

- a) *primárna identifikácia zdrojov rizika,*
- b) *výber zdrojov rizika závažnej havárie pre kvantitatívnu analýzu rizík.*

a) Primárna identifikáciu zdrojov rizika sa skladá z troch základných krokov a jedného čiastkového kroku:

1. Prvým krokom je úvodný, systematický, zber informácií s následným vytvorením zoznamu všetkých aparátov/zariadení, skladov a stavebných objektov s nebezpečnými látkami, z dôvodu neopomenutia zdroja rizika. Jedná sa o nový krok, ktorý musí byť bezpodmienečne súčasťou identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie. Bez tohto kroku sa nemôžu hodnotiť ani zariadenia/aparáty s nebezpečnými látkami selektívnou metódou CPR 18E. Na základe daného zoznamu sa z nasledujúcej analýzy môžu vylúčiť zariadenia/aparáty:
 - z dôvodu odstavenia mimo prevádzku (zariadenia/aparáty, ktoré sú preukázateľne fyzicky odpojené a zaslepené – po preverení externými pracovníkmi),
 - z dôvodu fyzikálneho stavu látky, množstva a spôsobu skladovania látky, klasifikácie a umiestnenia látky.

Výstupný zoznam zariadení/aparátov s nebezpečnými látkami (zdrojov rizika závažnej havárie) musí byť odsúhlasený obsluhou jednotlivých zariadení, managementom spoločnosti, ale aj spracovateľmi danej analýzy. Pokiaľ sa tak nestane, musí byť opäť realizovaná fyzická prehliadka objektu a vytvorenie nového zoznamu všetkých aparátov/zariadení a následné odsúhlasenie všetkými zainteresovanými stranami. Jedná sa o časovo náročný krok, ktorý si vyžaduje preštudovanie dostupnej výkresovej dokumentácie. Súčasťou zoznamu sú všetky zariadenia/aparáty nebezpečnými látkami:

-
- z hľadiska následkov spoločenského rizika (toxické, výbušné, horľavé),
 - pre životné prostredie,
 - z hľadiska možnosti vzniku domino –efektu, atď.
2. Druhým krokom je správna identifikácia tzv. bezpečnostných jednotiek. Objektívnou skutočnosťou je, že aparáty a zariadenia sa z hľadiska bezpečnosti nestotožňujú so zdrojmi rizika. Jednotlivé aparáty prípadne technológie sú často medzi sebou prepojené a únik z jedného zariadenia môže ovplyvniť únik látky z druhého zariadenia. Z tohto dôvodu je nevyhnutné sústrediť pozornosť práve na zariadenia prípadne technologické celky, ktoré neovplyvnia únik látky z iného zariadenia. Jedná sa o tzv. bezpečnostné (nezávislé) jednotky, ktoré zaviedla selektívna metóda CPR 18E s doplnením jednoznačného princípu identifikácie (princíp rýchlej a účinnej oddeliteľnosti) a následným posúdením technologických armatúr, pomocou ktorých sa dané jednotky vytvárajú. Bezpečnostnú jednotku môže predstavovať jedno zariadenie ale aj celá výrobná linka. Vstupnými informáciami pre dané rozdelenie je práve zoznam všetkých aparátov/zariadení, skladov a stavebných objektov s nebezpečnými chemickými látkami.
 3. Tretím krokom je stanovenie množstva látky v bezpečnostnej jednotke, prípadne množstva nebezpečnej látky, ktorá môže reálne uniknúť. Musíme si uvedomiť, že nie vždy platí, že množstvo látky v bezpečnostnej jednotke sa rovná množstvu látky, ktorá pri vzniku mimoriadnej udalosti unikne.
 4. Čiastkovým krokom je výber zariadení/bezpečnostných jednotiek, ktoré obsahujú látky nebezpečné z hľadiska následkov spoločenského rizika (toxické, horľavé, výbušné).

Výstupom primárnej identifikácie zdrojov rizika je zoznam zariadení/bezpečnostných jednotiek s nebezpečnými látkami z hľadiska následkov spoločenského rizika a stanoveným množstvom látky v jednotlivých zariadeniach/bezpečnostných jednotkách. Následne sa vyberajú zdroje rizika závažnej havárie.

b) Výber zdrojov rizika závažnej havárie pre kvantitatívnu analýzu rizík na základe:

- množstva nebezpečnej látky (z hľadiska následkov spoločenského rizika) v nezávislej jednotke voči množstvu látky stanoveného zákonom č. 59/2006 Zb. „o prevencii závažných havárií“ pre skupinu A alebo B na základe zaradenia posudzovaného objektu. Jedna bezpečnostná množstvom nebezpečnej látky prekročí maximálne množstvo stanovené pre celý objekt (zariadenie) ⇒ nový prístup k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie,
- prevádzkových skúseností – následná detailná analýza zariadení/aparátov, identifikovaných ako zdroj rizika z dôvodu ich prevádzkovej praxe (zariadenia/aparáty, ktorých prevádzkou už došlo ku vzniku mimoriadnej udalosti/ závažnej havárie) ⇒ doplnujúci prístup k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie.

Výstupom navrhovanej metodiky je:

- **zoznam zdrojov rizika vytvorený na základe úvodného, systematického zberu informácií (fyzickej prehliadky objektu s následnou konzultáciou**

s obsluhou jednotlivých zariadení), pričom sa uvedeným postupom minimalizuje možnosť prehliadnutia významného zdroja rizika,

- **identifikácia všetkých zariadení/aparátov/bezpečnostných jednotiek (zdrojov rizika závažnej havárie), ktoré množstvom nebezpečnej látky prekročujú maximálne množstvo zákona o prevencii závažných havárií pre skupinu A alebo B (podľa zaradenia objektu), pričom nedôjde k prekrytiu iným zdrojom rizika na základe umiestnenia bezpečnostnej jednotky alebo vplyvom prevádzkových podmienok (princíp identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie selektívnou metódou CPR 18E),**
- **identifikácia zariadení/bezpečnostných jednotiek, ktorých prevádzkou už došlo ku vzniku mimoriadnej udalosti.**

Navrhovanou metodikou nezhodnotíme bezpečnostné jednotky, ktoré dané množstvo neprekročia, ale vplyvom prevádzkových podmienok alebo umiestnenia bezpečnostnej jednotky predstavujú zdroje rizika závažnej havárie. Bezpečnostné jednotky, ktoré neboli danou metodikou identifikované ako zdroj rizika závažnej havárie, sa musia zhodnotiť selektívnou metódou CPR 18E. Primárnou identifikáciou zdrojov rizika sme získali zariadenia/bezpečnostné jednotky s nebezpečnými látkami so stanovením množstva látky v jednotkách. Pre dané bezpečnostné jednotky (zdroje rizika) sa stanoví:

- a) indikačné číslo (s doplnením faktorov, O_1 , O_2 , O_3 , a veličiny G na základe modifikovaných pravidiel),
- b) selektívne číslo,

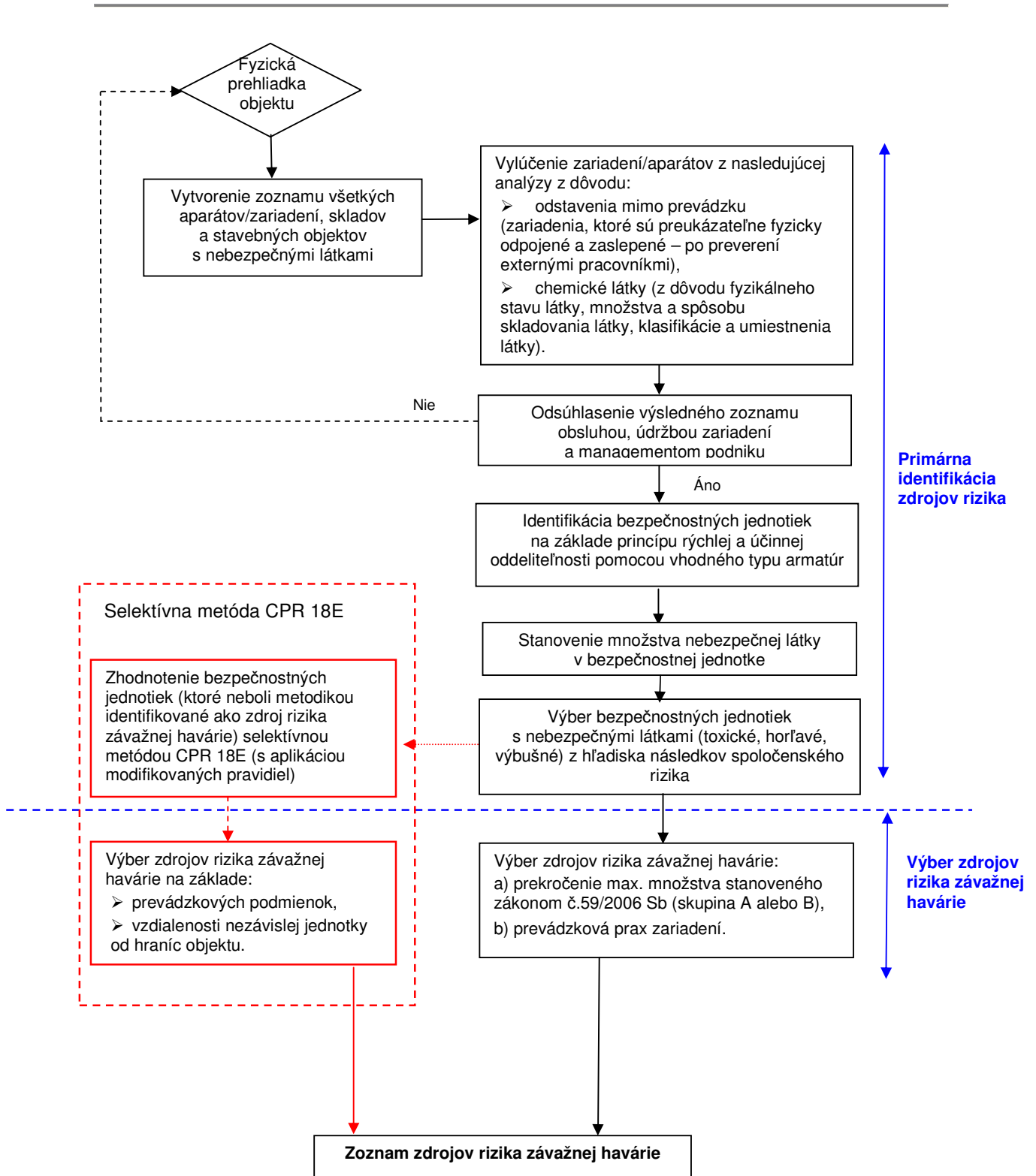
a na základe selektívneho čísla vyberieme zdroje rizika závažnej havárie.

Kombináciou danej metodiky a selektívnej metódy CPR 18E (s modifikáciou určitých pravidiel) získame zdroje rizika závažnej havárie na základe:

- systematického zberu informácií (zníženie pravdepodobnosti opomenutia zdroja rizika),
- objektívnej identifikácie bezpečnostných jednotiek (princíp rýchlej účinnej oddeliteľnosti pomocou vhodného typu armatúr),
- množstva nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke, ktorá môže reálne uniknúť a spôsobiť vznik závažnej havárie, voči maximálnemu množstvu zákona č. 59/2006 Zb. pre skupinu A alebo B,
- prevádzkovej praxi zariadení,
- posúdením bezpečnostných jednotiek (ktoré neboli metodikou identifikované ako zdroje rizika závažnej havárie) z hľadiska prevádzkových podmienok, umiestnenia bezpečnostnej jednotky, atď.

Celý návrh postupu metodiky v kombinácii so selektívnou metódou CPR 18E je znázornený na obrázku č 1.

Detailný rozbor jednotlivých krokov so všetkými navrhovanými pravidlami a praktická aplikácia danej metodiky v kombinácii so selektívnou metódou CPR 18E sú uvedené v nasledujúcich kapitolách.



Obrázok č. 1 - Návrh metodiky s využitím niektorých krokov selektívnej metódy CPR 18E

6 PRIMÁRNA IDENTIFIKÁCIA ZDROJOV RIZIKA

6.1. Zoznam všetkých aparátov a zariadení

Prvým krokom pri odhalení všetkých zdrojov rizika je dôsledný postup pri vytváraní zoznamu všetkých zdrojov rizika. Je potrebné vychádzať zo stavebných objektov, ktoré zahŕňajú všetky budovy, sklady, technologické celky, vlečky objektov i ďalšie nešpecifikované objekty (kryty, atď.). Po fyzickej prehliadke všetkých stavebných objektov a rozprave s obsluhou týchto objektov je možné pristúpiť k vypracovaniu zoznamu všetkých aparátov a zariadení, skladov, stavebných objektov, ktoré sa nachádzajú v posudzovanom objekte.

Pri rozprave s obsluhou sa vychádza z technologických schém (PFD) alebo schém stavebných objektov, v ktorých sú znázornené všetky dôležité údaje. Hlavné aparáty, zariadenia a materiálové prúdy sú znázornené v technologických schémach. Napriek tomu vytvorenie zoznamu nebýva jednoduchou záležitosťou, pokiaľ má byť zoznam úplný. Dokumentácia v rade prípadov nie je aktuálna. V schémach spravidla nebývajú zakreslené všetky zariadenia, často sa opomínajú pomocné, medzioperačné, odpadové zariadenia či iné záchytné zariadenia alebo aparáty. Tieto aparáty bývajú spravidla zakreslené v iných schémach (schémy odpadového hospodárstva). Ďalším významným nedostatkom je neaktuálnosť technologických schém. V schémach často nie sú zakreslené zmeny v technologických procesoch - všetky nové aparáty, prípadne potrubné trasy, ktoré boli do technológie postupne doplnené.

Z výkresovej dokumentácie bývajú najčastejšie dostupné:

- a) PID výkresy,
- b) PFD výkresy.

Odhalenie zdrojov rizika závažnej havárie si preto vyžaduje systematický, analytický postup preštudovania technologických schém a súčasne i fyzickú prehliadku zariadení (prehliadka celého hodnoteného objektu) doplnenú výkladom obsluhy príslušnej technológie. Jedná sa o veľmi dôslednú a podrobnú fyzickú prehliadku zariadení a aparátov s nebezpečnými chemickými látkami a prípravkami v posudzovanom objekte.

Danú prehliadku nie je možné ponechať iba na obsluhu zariadení. Nie je možné opomenúť ani prehliadku ostatných (napr. uzamknuté) budov a skladov, v ktorých sa často nachádzajú sudy s nebezpečnými látkami, ktorých likvidácia je pre podnik problematická, a ktoré nie sú už potrebné pre výrobný proces. Interní pracovníci môžu prehliadnúť nejaké zariadenie s chemickou látkou z dôvodu tzv. prevádzkovej slepoty.

Pri prehliadke a zostavovaní zoznamu nie je možné opomenúť:

- a) technologické zariadenia,
- b) skladové polia a jednotlivé zásobníky,
- c) podzemné zariadenia,
- d) pomocné zariadenia,
- e) zariadenia s odpadovými látkami, ČOV,
- f) potrubné systémy a mosty,
- g) chladiace zariadenia a energetické centrá,

-
- h) prepravné zariadenia (ŽC, AC) – stáčacie pozície a odstavené prepravné zariadenia,
 - i) dočasné sklady,
 - j) skládky nebezpečných látok,
 - k) záchytné jímky,
 - l) laboratória, dielne,
 - m) odstavené výroby.

Na zostavení výsledného zoznamu všetkých aparátov a zariadení, stavebných objektov sa musia podieľať predovšetkým externí pracovníci z dôvodu objektívnosti daného zoznamu.

Výsledný zoznam všetkých zariadení a aparátov, skladov a stavebných objektov by mal obsahovať nasledujúce údaje:

- číslo stavebného alebo iného objektu, v ktorom sa zariadenie nachádza – prípadne názov technológie,
- názov a typ zariadenia – či sa jedná o atmosférické, vákuové, destilačné, atď. zariadenie,
- počet kusov zariadení v objekte (napr. počet zásobníkov, počet kolón, atď.),
- názov chemickej látky, ktorá sa v zariadení nachádza,
- skupenstvo látky v akom sa v zariadení nachádza,
- maximálne množstvo látky, ktorá sa v zariadení nachádza – u skladovacích zariadení objem a stupeň plnenia,
- prevádzkový tlak a teplotu v zariadení,
- údaje o záchytných nádržiach – je nutné uviesť v prípade hodnotenia zásobníkového poľa či sa jedná o spoločnú záchytnú nádrž alebo každý zásobník má vlastnú záchytnú nádrž,
- údaje o umiestnení zariadenia – vo vnútri budovy alebo na otvorenom priestranstve,
- či sa jedná o automatické zariadenie alebo je nutná obsluha,
- údaje o potrubných systémoch – DN a dĺžka potrubia,
- u potrubných trás - jedná sa o izolované alebo neizolované potrubie,
- údaje o kanalizačných vtokoch,
- maximálny počet železničných cisterien alebo automobilových cisterien, ktoré sa môžu nachádzať v objekte –z dôvodu objektívnej identifikácie všetkých zdrojov rizika nestačí uviesť iba počet stáčacích pozícií v objekte pre jednotlivé prepravné zariadenia, ale je nutné spočítať aj maximálny počet ŽC alebo AC (osobitne pre každý typ nebezpečnej látky), ktoré môžu byť odstavené na železničných koľajniciach alebo cestných komunikáciách v posudzovanom objekte. V prípade, že dané prepravné zariadenie je identifikované ako zdroj rizika závažnej havárie, pri následnej detailnej analýze, sa do výslednej frekvencie havarijného scenáru musí započítať celkový počet zariadení (rovnaký princíp, ako pri hodnotení nezávislých jednotiek selektívnej metódy CPR 18E).

Do tohto zoznamu je vhodné doplniť klasifikáciu chemických látok. Nie všetky nebezpečné vlastnosti môžu spôsobiť závažnú haváriu. Napr. únik kyseliny do záchytnej nádrže nemusí byť nebezpečný. Pokiaľ môže dôjsť ku kontaktu s inou látkou, reakcia môže byť nebezpečná alebo sprevádzaná vznikom novej, už nebezpečnej látky.

Je teda potrebné zaoberať sa vlastnosťami nebezpečných látok, ktoré majú významný negatívny vplyv na posudzované oblasti. Z hľadiska spoločenského rizika sa jedná o látky s horľavými, výbušnými a toxickými vlastnosťami. Z hľadiska environmentálneho rizika sa jedná o látky s nebezpečnými vlastnosťami pre životné prostredie – predovšetkým vodné toky a spodné vody a pôdu. Z hľadiska vzniku domino efektu sa jedná o látky s horľavými, výbušnými, toxickými, prípadne oxidačnými vlastnosťami. Z hľadiska hodnotenia spoľahlivosti ľudského činiteľa sa identifikujú činnosti, pri ktorých môže dôjsť k úniku nebezpečných látok pre človeka, ktoré môžu spôsobiť vznik závažnej havárie – látky s horľavými, výbušnými a toxickými vlastnosťami.

Na základe daného zoznamu je možné vylúčiť z ďalšej analýzy niektoré zariadenia:

- zariadenia/aparáty odstavené mimo prevádzku (ktoré sú preukázateľne fyzicky odpojené a zaslepené – po preverení externými pracovníkmi),
- chemické látky (z dôvodu fyzikálneho stavu látky, množstva a spôsobu skladovania látky, klasifikácie a umiestnenia látky).

Do nasledujúceho hodnotenia je potrebné zahrnúť aj také látky, ktoré majú iné nebezpečné vlastnosti ako je horľavosť, výbušnosť, toxicita. Príkladom je kyslík so svojimi oxidačnými vlastnosťami, ktoré môžu byť významným zdrojom rizika závažnej havárie. Jedná sa predovšetkým o látky:

- uvedené v tabuľke č. 1 prílohy 1 zákona č. 59/2006 Zb. „o prevencii závažných havárií“ – „Menovite vybrané nebezpečné látky“ napr. kyslík, atď.,
- ktoré majú nebezpečné vlastnosti uvedené tabuľke č. 2 prílohy 1 zákona č. 59/2006 Zb. „o prevencii závažných havárií“ napr. oxidujúce látky, látky, ktoré majú vybrané R vety označujúce špecifickú rizikovosť.

Látky s uvedenými vlastnosťami bývajú významným zdrojom rizika z hľadiska vzniku domino - efektu. Ďalej je nutné do hodnotenia zahrnúť aj zariadenia so stlačenými plynmi.

Výsledný zoznam musí byť odsúhlasený všetkými zainteresovanými stranami – obsluhou jednotlivých zariadení prípadne prevádzok, managementom objektu a zároveň aj spracovateľmi daného zoznamu. Pokiaľ sa tak nestane, musí sa znovu realizovať fyzická prehliadka objektu a musia sa vyjasniť sporné body zoznamu.

Z analýzy prvých krokov jednotlivých postupov pre hodnotenie:

- a) spoločenského rizika – 1. krok: identifikácia zdrojov rizika¹⁵ - identifikácia zariadení/aparátov s nebezpečnými látkami, ktoré svojím množstvom predstavujú zdroj rizika závažnej havárie pre okolité obyvateľstvo,
- b) environmentálneho rizika - 1. krok: identifikácia rizika pre jednotlivé zložky ŽP¹⁶ - identifikácia zariadení/aparátov s látkami nebezpečnými pre životné prostredie,
- c) spoľahlivosti ľudského činiteľa – 1. krok – analýza činností¹⁷ - identifikácia pracovných pozícií z hľadiska možného zlyhania ľudského činiteľa,
- d) domino – efektu – 1. krok – identifikácia rizika¹⁸ - identifikácia zariadení/aparátov s látkami, ktoré svojím množstvom a nebezpečnými vlastnosťami môžu ohroziť okolité zariadenia a spôsobiť vznik tzv. domino efektu,

vyplynulo, že prvý krok je univerzálne vo väčšine postupoch nazývaný „Identifikácia zdrojov rizika“. Napriek tomu, že metódy používané k tejto identifikácii sa pre jednotlivé riziká značne líšia, úvodný zber informácií, pokiaľ je prevedený dôkladne, možno označiť za univerzálny krok pre všetky postupy. Aj pre úvodnú analýzu činností z hľadiska spoľahlivosti ľudského činiteľa je dôležitý úvodný zber informácií.

Pokiaľ pri tomto zbere majú byť získané všetky potrebné informácie je skutočne nutné, aby sa jednalo o systematický proces a aby už v tejto fáze neboli opomenuté žiadne zariadenia s nebezpečnými látkami. I keď je zber všetkých potrebných vstupných informácií časovo náročný, vo finále získame výraznú časovú úsporu.

Fyzická prehliadka všetkých zariadení a aparátov tvorí základ pre:

- a) vypracovanie zoznamu zariadení a aparátov pre *selekciu QRA*,
- b) vytvorenie zoznamu zariadení a aparátov pre sekciu zdrojov rizika s *environmentálnymi dopadmi na životné prostredie*,
- c) vypracovanie zoznamu zariadení, v ktorých má významnú pozíciu ľudský činiteľ – zoznam pre *hodnotenie ľudského činiteľa*,
- d) vytvorenie zoznamu zariadení pre hodnotenie *domino efektu* na základe:
 - vzdialenosti medzi jednotlivými zariadeniami,
 - typov jednotlivých zariadení (tlakové nádoby, atď.),
 - druhu chemických látok a prípravkov (oxidujúce, horľavé, atď.).

¹⁵ Zákon č.59/2006 Sb.

¹⁶ FICBAER, V. *Hodnocení enviromentálních rizik*.

¹⁷ KOTEK, L. *Analýza rizik vodíkové technologie*.

¹⁸ ANTONIONI, G.; SPADONI, G.; COZZANI, V. *Application of Domino Effect Quantitative Risk Assessment to an Extended Industrial Area*.

6.2 Bezpečnostné jednotky

Druhým navrhovaným krokom v metodike je rozdelenie posudzovaného objektu na tzv. bezpečnostné jednotky. Jedná sa o nadväzujúci krok na fyzickú prehliadku objektu s vytvorením zoznamu všetkých aparátov a zariadení, skladov a stavebných objektov.

Bezpečnostné inžinierstvo je vedecká disciplína, ktorá využíva prednosti systémového prístupu. V bezpečnostnom inžinierstve sa zavádzajú pojmy bezpečnostná jednotka alebo niekedy tiež samostatná či oddeliteľná jednotka.

Racionálne rozdelenie zložitého systému na skutočné bezpečnostné jednotky je úlohou celkom zásadnou a významnou. Spôsob rozdelenia systému na bezpečnostné jednotky je úvodným krokom do analýzy a hodnotenia rizík celého systému. Obecne je možné povedať, že bezpečnostná jednotka je z hľadiska analýzy a hodnotenia rizík relatívne samostatná časť systému, ktorej zlyhaním sa vplyvom relatívnej samostatnosti/oddeliteľnosti minimalizujú dopady na okolité časti zariadení i okolie celkovo.

Správne vytváranie/zoskupovanie bezpečnostných jednotiek je významným krokom pre ďalšiu identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie. Tento krok je druhý časovo najnáročnejší a vyžadujúci si vysokú odbornosť pracovníkov, ktoré tieto jednotky identifikujú.

Zo skúseností z praxe je zrejmé, že vytváranie bezpečnostných jednotiek je zložitý proces, ktorý je náročný ako z časového hľadiska, tak aj z hľadiska vstupných informácií.

Pri správnom rozdelení systému a vyhodnotení rizík majú výstupné informácie vyššiu vypovedaciu schopnosť. Vytvorenie bezpečnostných jednotiek si vyžaduje detailné štúdium dostupnej výkresovej dokumentácie (PID výkresy, PFD výkresy), ktoré je spravidla nutné doplniť konzultáciami s obsluhou a údržbou zariadení

Proces delenia technológie na bezpečnostné jednotky predstavuje samotnú, predbežnú analýzu nebezpečnosti daných aparátov, prípadne celých technologických komplexov.

Prístup jednotlivých metód používaných k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie k bezpečnostným jednotkám a k hodnotenému množstvu látky v zariadeniach je značne rozdielny.

Metóda IAEA - TECDOC – 727 umožňuje hodnotenie mobilných a fixných zdrojov. V samotnom postupe metódy nikde nie je jednoznačne definované čo predstavuje jednotku fixného a mobilného zdroja. S ohľadom na vlastnosti metódy sa fixné zdroje rizika chápu spravidla ako jednotky (i celé technológie). V prípade mobilných zdrojov využíva prirodzené delenie na jednotky (napr. AC, ŽC, atď.).

Metóda svojím postupom iba nabáda k úvahe o množstve látky: „Je nutné zobrať do úvahy zoznam všetkých nebezpečných chemických látok a usporiadanie jednotlivých zariadení. Odhadnúť maximálne množstvo látky, ktoré môže reálne uniknúť v prípade vzniku havárie. V prípade, že sú zariadenia fyzický a účelne oddelené v samostatných skladovacích zásobníkoch, sa uvažuje množstvo v najväčšom zásobníku (ďalšie zariadenia nie sú zdrojom úniku látky). Za fyzické oddelenie sa považuje dostatočná vzdialenosť medzi skladovacími zásobníkmi. Účinné oddelenie je dané buď samostatnými zásobníkmi, alebo na základe automatických ventilov na potrubiach medzi zásobníkmi. Otvorené prepojenie zásobníkov

alebo prepojenie pomocou ručných ventilov nie je možné považovať za vhodné fyzické/účinné oddelenie.“¹⁹

Metóda neuvádza ako prakticky identifikovať tieto zariadenia prípadne jednotky. Z tohto dôvodu nie je možný výsledný zoznam zariadení považovať za zoznam zariadení určených pre identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie.

Metóda Index požiaru a výbuchu identifikuje zariadenia s horľavými a výbušnými látkami, ktoré by mohli prispievať ku vzniku a k eskalácii nehody. Napriek tomu, že prvý krok metódy je stanovenie výberu procesnej jednotky, ktorá má byť analyzovaná, sú uvedené iba príklady vybraných typov jednotiek. V postupe metódy nikde nie je uvedené, ako také jednotky identifikovať. Metóda vo svojom postupe uvádza: „Nie sú stanovené presné pravidla vedúce k výberu procesnej jednotky pre kvantitatívne hodnotenie“.²⁰ Na druhej strane sú v popise metódy pre ilustráciu uvedené príklady bezpečnostných jednotiek.

Samotná metóda sa vo svojom postupe nezaobrá množstvom látky, ktorá unikne zo zariadenia. Vychádza z predpokladu, že sa analyzuje jedna jednotka a množstvo nebezpečnej látky v jednotke je známe. Množstvo látky sa zohľadňuje v jednom prípade a to pri určovaní faktoru v obecnom procesnom nebezpečenstve. Výsledný zoznam zariadení určený pre ďalšiu QRA nemožno považovať za objektívny zoznam zariadení a aparátov identifikovaných ako zdroj rizika závažnej havárie v zmysle zákona „o prevencii závažných havárií“.

Metóda Index chemického ohrozenia kvantitatívne hodnotí potenciálne ohrozenie obyvateľstva únikom toxického látky. Metóda sa vo svojom postupe nezaobrá definíciou jednotky, z ktorej sa posudzuje únik látky, ale rovno definuje závažné scenáre a hodnotí následky scenára úniku.

Niektoré scenáre úniku nie sú presne stanovené a popísané. Scenáre úniku plynnej a kvapalnej fázy sú založené na predpokladoch o dobe trvania úniku (min. 5 minút). Nikde v postupe metódy sa nehovorí o bezpečnostných prvkoch, ktoré zabránia tomuto úniku do 5 minút. Pri úniku látky zo zariadenia, ktoré je pripojené na ďalšie aparáty a zariadenia, únik môže trvať omnoho dlhšie, pokiaľ nedôjde k bezpečnostnému odstaveniu. Výsledky aplikácie tejto metódy sú založené na veľmi konzervatívnych predpokladoch.

Selektívna metóda podľa CPR 18E (ako už bolo uvedené v predchádzajúcich kapitolách) vniesla do procesu identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie nový princíp zavedením nezávislých jednotiek. Základnou podstatou metódy je rozdelenie celého posudzovaného komplexu na tzv. nezávislé (samostatné) jednotky, kde únik látky z jednej jednotky významne neovplyvní únik z jednotky druhej. Metóda vo svojom postupe nestanovuje ako je možné takéto jednotky identifikovať, nezaobrá sa bezpečnostnými prvkami, ktoré umožňujú tieto jednotky vytvárať, prípadne na akom princípe ich vytvárať.

Je zrejmé, že indexové a screeningové metódy sa na základe praktických skúseností snažia odhadnúť množstvo látky, ktorá môže uniknúť v prípade vzniku havárie vo vzťahu k teoretickým dosahom následkov havárie. V metóde FEI nie je uvedené, aké vlastnosti by taká jednotka mala mať. Základnú úvahu oddeliteľnosti uvádza metóda IAEA - TECDOC – 727. Selektívna metóda už zreteľne definuje základné kritérium samostatnej jednotky, na základe ktorého sa dá určiť predpokladané množstvo uniknutej látky.

¹⁹ *Manual for the classification and prioritization of risk due to major accidents in process and related industries.* (IAEA-TECDOC-727).

²⁰ *Manual - Fire & Explosion Index, Hazard Classification Guide.*

Z uvedených skutočností vyplýva, že správne vytvorenie bezpečnostnej jednotky je dôležité pre stanovenie množstva nebezpečnej látky v jednotlivých zariadeniach. Na základe tohto množstva je možné stanoviť dosah následkov závažnej havárie a navrhnúť bezpečnostné opatrenia v zóne ohrozenia. Je potrebné si uvedomiť, že hovoríme o teoretickom dosahu následkov. Aj keď množstvo látky je základný parameter, ktorý určuje dosah následkov, existujú aj ďalšie faktory, ktoré ovplyvňujú dosah následkov napr. rozptylové podmienky v posudzovanej lokalite, prítomnosť iniciačného zdroja, vplyv v bezpečnostných prvkoch, atď.

Z tohto dôvodu je potrebné sa zaoberať otázkou, na základe akých podmienok a akých bezpečnostných prvkov je možné takéto jednotky vytvárať. Hlavným faktorom, ktorý ovplyvňuje množstvo uniknutej látky je doba, počas ktorej dôjde k významnému obmedzeniu úniku prípadne k jeho úplnému zastaveniu. Ďalším dôležitým faktorom pri tvorbe bezpečnostných jednotiek je účinnosť bezpečnostných prvkov, ktoré umožnia únik látky eliminovať. Tieto prvky sú na rôznych stupňoch automatizácie a líšia sa práve stupňom účinnosti. Nebezpečné látky, ktoré sa nachádzajú v technológiách sa líšia svojimi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Všetky tieto faktory sa musia pri vytváraní tzv. bezpečnostných jednotiek zohľadniť.

Množstvo unikajúcej látky pri havárii zo zariadenia je ovplyvnené jednak množstvom látky v aparáte, ale tiež možnosťou úniku látky zo susedných pripojených zariadení a aparátov. O tom, aké množstvo nebezpečnej látky pri havárii unikne nerozhoduje teda iba množstvo látky v jednom aparáte, ale aj možnosť **rýchleho a účinného oddelenia** od ostatných aparátov. **Proces delenia by mal byť rýchly a účinný, aby došlo k čo najmenšiemu úniku nebezpečnej látky.**

Je potrebné analyzovať rôzne typy priemyslových armatúr, ktoré umožňujú odstavovanie priemyselných celkov, rozvodov energie, plynov, atď. Na účinnosti daných armatúr je vo veľkej miere závislá bezpečnosť celej prevádzky. Armatúry majú rozdielne funkcie, sú konštruované pre rôzne typy priemyselných odvetví a na základe rôznych fyzikálnych princípov.

Pri delení systému na bezpečnostné jednotky musíme posúdiť:

- a) prvky/systémy, ktoré umožnia uzavrieť jednotku v priebehu niekoľkých sekúnd – podmienka **rýchlej oddeliteľnosti**,
- b) prvky/systémy, ktoré zabezpečia **účinné oddelenie** aparátov – pri zatvorení daného prvku už nebude dochádzať k úniku nebezpečnej látky (systém dostatočnej tesnosti).

6.2.1 Priemyselné armatúry

Podľa spôsobu použitia je možné armatúry rozdeliť na:

- regulačné,
- uzavieracie.

Podľa spôsobu ovládania je možné armatúry rozdeliť na:

- ručné,
- diaľkové.

V praxi sa používajú rôzne kombinácie daných armatúr.

Základnou reprezentatívnou skupinou armatúr (podľa účelu použitia) sú uzavieracie armatúry. U tohto typu armatúr je základnou požiadavkou „vnútorná tesnosť“, tzn. úplné prerušenie prietoku. Druhým typom sú regulačné armatúry, ktoré neslúžia na otváranie alebo zatváranie prietoku (na rozdiel od uzavieracích armatúr), ale k jeho regulácii.

Podľa spôsobu ovládania sú najbežnejším typom ručné armatúry. Ručné armatúry si vyžadujú vedomú, fyzickú manipuláciu za strany obsluhy (otvorenie alebo zatvorenie armatúry). Oproti tomu výhodou diaľkových armatúr je možnosť uzatvorenia zo strediska operátora.

Uzatváracie a regulačné armatúry môžu byť osadené rôznymi typmi pohonov. V praxi sa stretávame s elektromechanickými, pneumatickými, hydraulickými a elektrohydraulickými pohonmi prípadne ich rôznymi kombináciami. Najčastejšie uplatnenie nachádzajú elektromechanické pohony (servopohony). Základným prvkom elektropohonov sú jednofázové, trojfázové alebo rovnosmerné elektromotory. Pri výpadku elektrického prúdu môže byť tento typ pohonov vybavený núdzovým ručným ovládaním.

Všetky uvedené pohony môžu byť ovládané diaľkovo alebo miestne. Pri vytváraní jednotiek je dôležité diaľkové ovládanie z dôvodu rýchlej oddeliteľnosti.

Diaľkovo ovládané uzavieracie armatúry

Prvým typom armatúr, ktorý umožní vytvárať bezpečnostné jednotky a ich účinnosť je overená v praxi, sú **diaľkovo ovládané uzavieracie armatúry**. Základnou výhodou daných armatúr je možnosť rýchleho oddelenia jednej jednotky od jednotky druhej zo strediska operátora. Ďalším významným parametrom, ktorý sa u tohto typu armatúr predpokladá je tesnosť danej armatúry v polohe uzatvorenej, a preto potom môžeme hovoriť, že spĺňa podmienku bezpečnej oddeliteľnosti. Takýto typ armatúr má iba dve polohy otvorenej a zatvorenej (mimo poruchových).

Takéto typy armatúr sa nachádzajú prevažne v nových, moderných technológiách. Rozdelenie objektu na bezpečnostné jednotky pomocou týchto prvkov je dôležité obzvlášť pokiaľ sa jedná o látky s toxickými vlastnosťami, a ktoré majú nízky bod varu a pri ich úniku dôjde k rozptylu danej látky do okolia. Látka sa môže v závislosti na poveternostných podmienkach rozptýliť až do vzdialenosti niekoľkých desiatok prípadne až stoviek metrov. Únik takýchto látok je nutné úplne obmedziť v čo najkratšom čase.

Pre znázornenie významnosti rýchlosti a účinnosti oddelenia jednotky uvádzam príklad 5 minútového úniku chlóru zo zásobníku a následky úniku, pri ktorom účinné oddelenie jednotky (zásobníku na chlór) nastalo do 2 minút.

Príklad dosahu rozptylu toxikkej látky:

Jedná sa o kontinuálny únik chlóru (klasifikácia T, Xi, N) z posudzovaného zariadenia (zásobník na chlór). Pokiaľ by chlór unikal po dobu 300 s (5 min), maximálny dosah toxického mraku, ktorý sa vytvorí (rozptylové podmienky: trieda stability C, rýchlosť vetru $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) je 458 m. Dosah toxického mraku bol modelovaný programom EFFECTS.

Tabuľka 7 – Základné údaje o úniku toxikkej látky – 5 min.

Nebezpečná chemická látka:	Chlór (Cl_2)	Doba trvania úniku:	300 s
Hustota látky:	$1\,400 \text{ kg}/\text{m}^3 @25^\circ\text{C}$	Max. šírka mraku:	130 m
Bod varu:	$-34,03^\circ\text{C}$	Max. dĺžka mraku:	458 m

Tabuľka 8 – Dosahy toxického rozptylu – 5 min. únik

% fatálne zranených	Dĺžka mraku [m]	Šírka mraku [m]
99 %	44	23
90 %	72	44
80%	87	53
70 %	98	60
60 %	113	66
50 %	125	72
40 %	141	77
30 %	159	84
20 %	186	91
10 %	247	102
1 %	458	130

Pre porovnanie dosahu úniku látky bola doba úniku skrátená na 2 minúty. Dosah toxického mraku sa skrátil (pri rovnakých rozptylových podmienkach) o 325 m.

Tabuľka 9 – Základné údaje o úniku toxickkej látky – 2 min.

Nebezpečná chemická látka:	Chlór (Cl ₂)	Max. šírka mraku:	40 m
Doba trvania úniku:	120 s	Max. dĺžka mraku:	133 m

Tabuľka 10 – Dosahy toxického rozptylu – 2 min. únik

% fatálne zranených	Dĺžka mraku [m]	Šírka mraku [m]
99 %	11	9
90 %	18	16
80%	22	18
70 %	25	20
60 %	28	24
50 %	32	24
40 %	36	25
30 %	42	27
20 %	48	29
10 %	61	32
1 %	133	40

Princíp rýchlej a účinnej oddeliteľnosti toxických látok s nízkym bodom varu je nevyhnutnou súčasťou stanovenia dosahu rozptylu toxickkej látky a v žiadnom prípade ho nie je možné podceňiť.

Pri vytváraní bezpečnostných jednotiek je potrebné posúdiť aj prevádzkové parametre, pri ktorých zariadenia/aparáty pracujú (vysoké tlaky, teploty). Prevádzkové teploty v zariadeniach sa často blížia k teplotám bodu varu daných látok, prípadne sú vyššie ako bod varu. V takýchto prípadoch dochádza k úniku nebezpečných látok v plynnej fáze, prípadne v kvapalnej fáze na bode varu a prítomnosť iniciačného zdroja (pri horľavých látkach) môže spôsobiť ich vznietenie, alebo dôjde k výraznému toxickému rozptylu a musí okamžite dôjsť k zastaveniu úniku nebezpečnej látky.

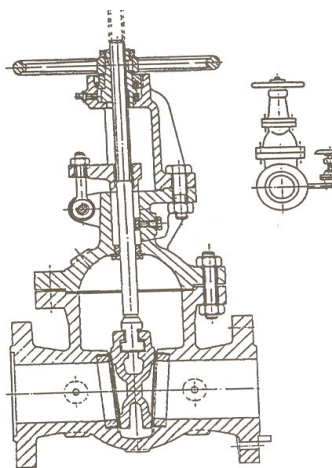
Napriek tomu, že sa pri uzavieracích armatúrach predpokladá úplná tesnosť, z praxe vieme, že to nie je pravda. Na trhu existuje veľa druhov uzavieracích armatúr, ktoré nedosahujú dokonalú tesnosť v polohe zatvorenej.

Medzi uzavieracie armatúry patria²¹:

- šupátka,
- uzavieracie klapky,
- ventily,
- kohúty.

Šupátka

Medzi uzavieracie armatúry patria šupátka. Na trhu je dostupné množstvo rôznych prevedení šupátiek (šupátka s nestúpajúcim vretenom, šupátka s pevným klinom, atď.). Podľa technologického prevedenia sa používajú pre rôzne typy tlakov, chemických látok a v rôznych priemyselných odvetviach. Pri vytváraní bezpečnostných jednotiek je nutné vziať do úvahy práve typ šupátka (napr. materiál, atď.) voči prevádzkovým podmienkam a posudzovanému médiu. Šupátka strmeňové so stúpajúcim vretenom a pružným klinom sú určené pre vyššie tlaky (PN 40 – 100), pre rozmedzie teplôt $-50^{\circ}\text{C} \div 550^{\circ}\text{C}$ a používajú sa pre paru, neagresívne kvapaliny a predovšetkým pre ropné produkty. Nevýhodou šupátiek, je že sa pri zatváraní môžu zadrhnúť (ventil sa zasekne v určitej polohe a nie je možné ho otvoriť, ani zatvoriť). Nutnou podmienkou je ovládanie šupátiek diaľkovým servopohonom z dôvodu rýchlej oddeliteľnosti.

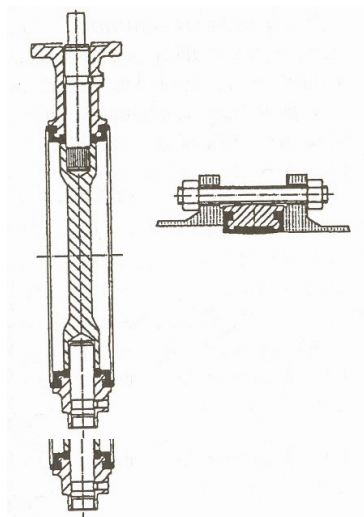


Obrázok č. 2 - Strmeňové šupátko pre vyššie tlaky s ručným pohonom

²¹ Niektoré uvedené armatúry sa môžu v praxi nachádzať aj v prevedení ako regulačné armatúry.

Uzavieracie klapky

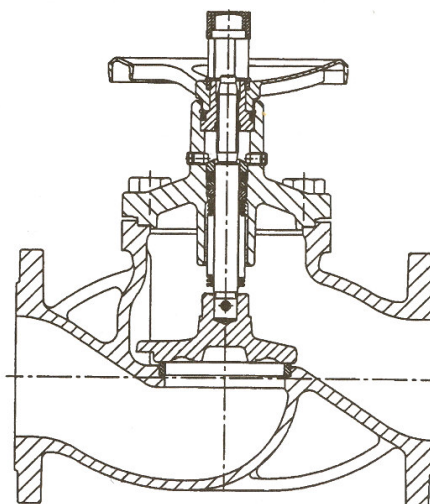
Napriek tomu, že sa jedná o uzavieraciu armatúru, nedostatkom sú tesniace plochy, kde nie je dosahovaná maximálna tesnosť. Pri toxických látkach s nízkym bodom varu je táto vlastnosť veľmi dôležitá, otázkou však zostáva, aký tento význam bude mať tento nedostatok pri úniku napr. ropných kvapalných produktov. Vzhľadom k druhu nebezpečných vlastností (horľavosť) a vzhľadom k ich hustote a viskozite, v prípade, že dôjde k výraznému obmedzeniu úniku ropného produktu v niekoľkých sekundách, následky sa výrazne minimalizujú.



Obrázok č. 3 - Uzavieracia klapka

Ventily

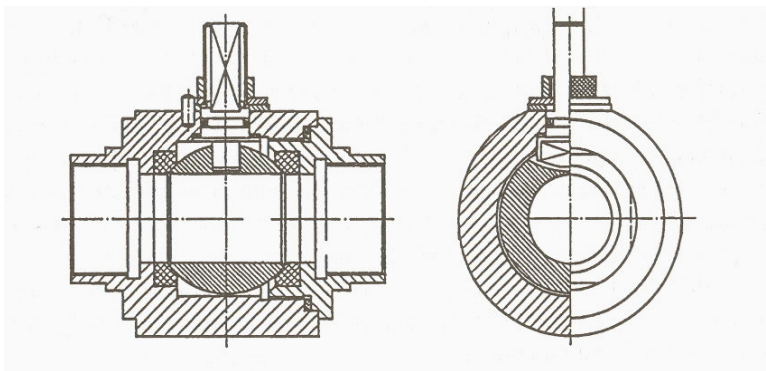
Uzavieracie ventily sa používajú v energetickom a chemickom priemysle a vo všeobecnom strojárstve. V praxi existuje množstvo rôznych typov uzavieracích ventilov. Pre použitie pri vysokých pracovných tlakoch sa telesá uzavieracích ventilov vyrábajú z kovaných materiálov. U tohto typu armatúry je dosahovaná vysoká tesnosť v polohe zatvorené. Aj v tomto prípade je nutné ovládanie diaľkovým servopohonom z dôvodu rýchlej oddeliteľnosti.



Obrázok č. 4 - Uzavierací ventil

Kohúty

Jedným z najstarších typov uzavieracích armatúr sú kohúty. Dnes je v technológiách značne rozšírenou uzavieracou armatúrou moderný guľový kohút. Konštrukciu a výrobu guľového kohúta umožnili dokonalé výrobné postupy a nové tesniace materiály. Vlastným uzavieracím orgánom je guľa a zatvorenie prípadne otvorenie nastane po jej otočení o 90°. Pre oblasti vysokých tlakov a teplôt sa používajú guľové kohúty s kovovým tesnením. Na ovládanie môžu byť použité všetky druhy pohonov, ale z hľadiska rýchlej oddeliteľnosti je nutný diaľkový servopohon.



Obrázok č. 5 - Guľový kohút

Medzi uzavieracie armatúry patrí aj skupina špeciálnych armatúr – tzv. bezpečnostné armatúry. Jedná sa o armatúry, ktoré sa na základe vonkajšieho podnetu samočinne prestavia do definovanej polohy. Napríklad pri zvýšení teploty v reaktore (aby nedošlo k úniku látky), bezpečnostné armatúry odstaví prítok látky do reaktoru. Napriek tomu, že by sa mohlo zdať, že tento typ armatúr je pri vytváraní bezpečnostných jednotiek vhodný, je nutné uvážiť na akú bezpečnostnú funkciu sú dané armatúry nastavené. V určitých prípadoch môžu byť nastavené tak, aby v prípade vzniku havárie došlo k ich otvoreniu a nebezpečná látka mohla zo zariadenia uniknúť.

Ručné uzavieracie armatúry

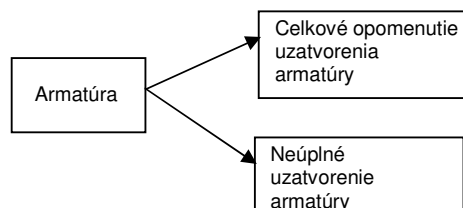
Ďalšou skupinou armatúr, ktoré sa používajú v praxi, sú **ručné uzavieracie armatúry**. Tento typ armatúr nespĺňa podmienku rýchleho oddelenia zariadení/aparátov od zvyšnej časti technológie. Charakteristickým rysom je dlhá doba potrebná na uzatvorenie armatúry daná vzdialenosťou od stanoviska obsluhy a časom potrebným na uzatvorenie armatúry. Tento nedostatok sa prejavuje predovšetkým pri potrubných trasách. Vo veľkých priemyselných komplexoch, kde potrubné rozvody tvoria niekoľkokilometrovú sieť sú ručné armatúry často od stanoviska obsluhy vzdialené niekoľko desiatok až stoviek metrov.

Významnú úlohu hrá aj umiestnenie/prístupnosť ručných armatúr. Armatúry sa môžu nachádzať na zle dostupných miestach (napr. v úzkych šachtách, atď.), kde nie je možný rýchly prístup obsluhy, alebo sa môžu nachádzať v mieste kde došlo ku vzniku závažnej havárie (napr. sú zatopené uniknutou nebezpečnou látkou prípadne sa nachádzajú v priestore ohrozenom požiarom a nie sú vôbec dostupné – nemôže dôjsť k ich uzatvoreniu a tým pádom ani k minimalizácii uniknutej látky).

V prípade armatúr, ktoré sú už dlhu dobu inštalované v technológii, môže dôjsť k zaseknutiu z dôvodu ich dlhodobého nepoužívania (napr. armatúra je dlhodobo v polohe otvorené).

Významným nedostatkom pri tomto type armatúr je aj skutočnosť, že môže nastať situácia, pri ktorej dôjde k úplnému opomenutiu zatvorenia ručnej armatúry alebo k jej neúplnému uzatvoreniu – zlyhanie obsluhy zariadenia.

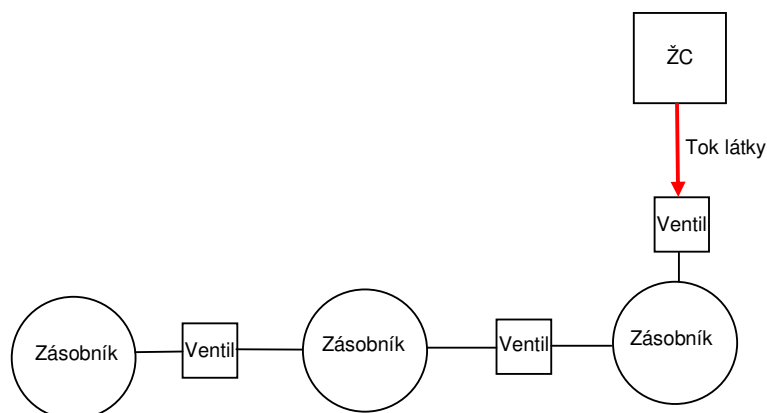
Na nasledujúcom obrázku č. 6 sú uvedené stavy ručných armatúr (okrem porúch armatúr-zaseknutie, atď.), o ktoré môže byť znížená účinnosť vytvárania bezpečnostných jednotiek z hľadiska možnosti zlyhania obsluhy zariadenia.



Obrázok č. 6 - Stavy, ktoré môžu nastať pri ručných uzavieracích armatúrach

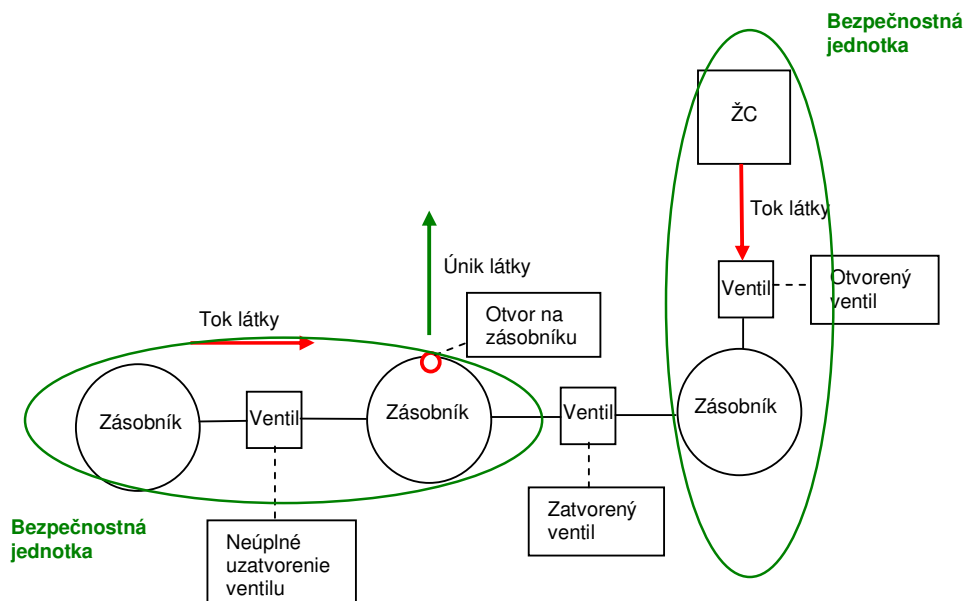
Napriek výcviku obsluhy zariadení, nikdy nie je eliminovaná možnosť, že dôjde k úplnému opomenutiu uzatvorenia ručných armatúr prípadne k ich neúplnému uzatvoreniu. Obzvlášť v takom prípade, kedy je treba zatvoriť niekoľko armatúr kvôli obmedzeniu úniku nebezpečnej látky v čo najkratšom čase (minimalizácia množstva uniknutej látky) a tieto sú od seba vzdialené niekoľko desiatok metrov.

Na obrázku č. 7 je znázornený systém troch zásobníkov, kde sú na potrubí kvapalnej fázy inštalované ručné uzavieracie armatúry. Potrubné prepojenie kvapalnej fázy je realizované z dôvodu využitia spoločného potrubia na proces plnenia. Jeden zo zásobníkov je plnený zo železničnej cisterny.

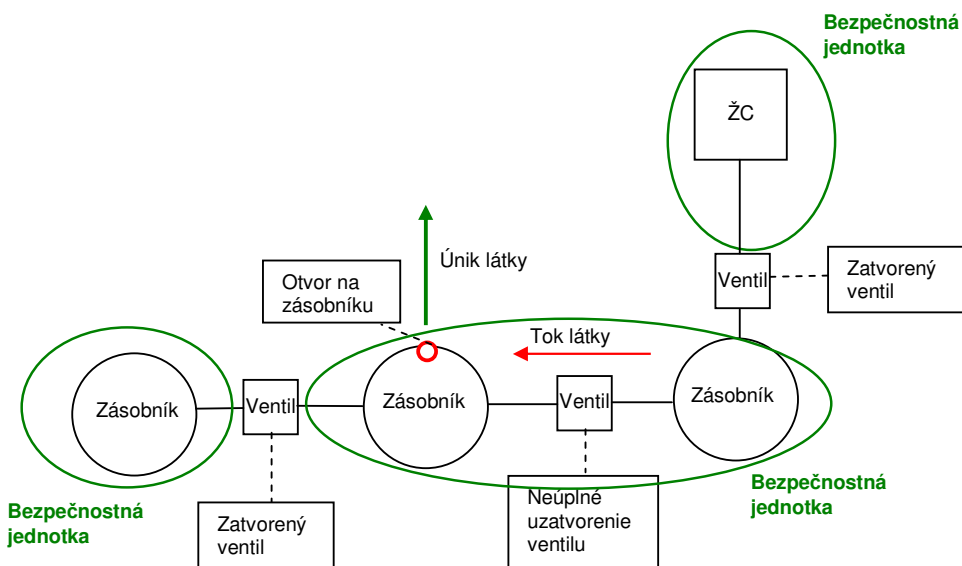


Obrázok č. 7 - Systém zásobníkov prepojených pomocou ručných uzavieracích armatúr

Na obrázkoch č. 8 a 9 sú znázornené vybrané situácie, kedy účinné oddelenie jednej jednotky je znížené práve neúplným uzatvorením ručnej uzavieracej armatúry, alebo celkovým opomenutím uzatvorenia ručnej armatúry. Sú možné aj ďalšie kombinácie uvedených stavov ručných regulačných ventilov.



Obrázok č. 8 - Systém troch zásobníkov, v prípade že nedôjde k úplnému uzatvoreniu regulačnej armatúry



Obrázok č. 9 - Systém troch zásobníkov, v prípade že nedôjde k úplnému uzatvoreniu regulačnej armatúry

Automatické regulačné armatúry

Automatické regulačné armatúry sú ďalším typom armatúr. Aj u týchto armatúr je splnená podmienka rýchlej oddeliteľnosti (automatické odstavenie v priebehu niekoľkých sekúnd zo strediska operátora). Účelom regulačných prvkov je regulácia prietoku pracovného média. Regulačné ventily pracujú v medzipolohách (medzi polohami otvorené – zatvorené), pričom sa tesnosť v polohe uzatvorené nepožaduje a ani nepredpokladá (vo vybraných prípadoch zbytkový prietok pri uzavretí je až cca 6 % nominálneho prietoku). Regulačné prvky/systémy teda nesplňujú podmienku účinnej oddeliteľnosti. Tento nedostatok je opäť významný pri úniku toxických látok. Pri úniku horľavých kvapalných látok by však došlo k významnému obmedzeniu.

Ručné regulačné armatúry

Z vyššie uvedeného vyplýva, že pokiaľ by sme vytvárali bezpečnostné jednotky prostredníctvom **ručných regulačných armatúr**, podmienky rýchlej a účinnej oddeliteľnosti nie sú dodržané. Keďže sa jedná o ručné armatúry, opäť treba počítať s určitým časovým úsekom, kým sa obsluha dostane k danej armatúre a uzavrie ju. Nepriaznivým faktorom pri tomto type armatúr je znova možnosť zlyhania práve ľudského činiteľa - obsluhy zariadenia. Môže nastať prípad, keď nedôjde k úplnému zatvoreniu regulačných armatúr a cez armatúry bude stále prúdiť médium, prípadne môže dôjsť k úplnému opomenutiu zatvorenia armatúry.

Je zrejmé, že za uzavierací prvok pri vytvorení bezpečnostnej jednotky nie je možné považovať ani ďalšie zariadenia slúžiace na reguláciu prietoku (napr. prietokomery, atď.). V prípade, že dôjde k úniku látky z jedného zariadenia, bude dochádzať k úniku látky aj zo zariadenia, ktoré je k nemu pripojené a to napriek tomu, že je medzi nimi inštalované regulačné zariadenie. Tieto zariadenia majú za účel znižovať alebo zvyšovať hladinu prietoku, ale nie prietok úplne obmedziť.

6.2.2 Bezpečnostné jednotky v technológiách

Ako sa líšia jednotlivé technológie množstvom látky a prevádzkovými podmienkami líšia, tak sa aj stupňom automatizácie. V technológiách, ktoré sú v prevádzke už niekoľko desiatok rokov sú inštalované prevažne ručné armatúry. Diaľkovo ovládané armatúry sa nachádzajú zvyčajne iba na potrubných trasách a to na vstupe do areálu a na výstupe z areálu.

Pri vytváraní bezpečnostných jednotiek je treba zohľadniť druh nebezpečných chemických látok a vek zariadení alebo aparátov.

Pri starších technologických komplexoch sa pri vytváraní bezpečnostných jednotiek musí vychádzať z:

- a) prirodzeného delenia zariadení – napr. prepravné zariadenia, zásobníky, atď., ktoré predstavujú bezpečnostné jednotky,
- b) druhu nebezpečných vlastností chemických látok a prípravkov.

V určitých prípadoch je možné za uzavieracie prvky považovať niektoré typy kompresorov, prípadne čerpadiel, ďalej ručné uzavieracie armatúry, atď., a to hlavne ak tieto systémy pracujú na princípe rozdielnych tlakov. Pokles tlaku v systéme je jeden zo základných ukazovateľov k úniku média z jednotky/zariadenia.

Technologické prvky, pomocou ktorých sa môžu vytvárať bezpečnostné jednotky (obmedzia úniku nebezpečnej látky z iných zariadení), predstavujú napr.:

- piestové kompresory – pri výpadku média dôjde k jeho zastaveniu,
- omedzovač prietoku v kombinácii so spätnou klapkou,
- niektoré typy čerpadiel (pri výpadku čerpadla nepreteká médium do druhej jednotky).

Pri vytváraní bezpečnostných jednotiek pomocou uvedených technologických prvkov je nutné mať na pamäti charakter látky, ktorá sa nachádza v zariadeniach a jej nebezpečné vlastnosti. Uvedené kombinácie daných prvkov je možné použiť iba pri kvapalných látkach s horľavými nebezpečnými vlastnosťami.

Rozdelenie posudzovaného objektu na bezpečnostné jednotky je náročný proces ako z hľadiska časového, tak aj z hľadiska vstupných informácií. Tento krok nie je možné realizovať bez predošlej fyzickej prehliadky celého objektu a bez získania potrebných vstupných údajov o jednotlivých zariadeniach s nebezpečnými látkami. Sú potrebné aktuálne výkresové podklady jednotlivých technológií, čo býva významným problémom. Ako už bolo uvedené pri vytváraní zoznamu všetkých zariadení s nebezpečnými chemickými látkami, výkresy sú často neaktuálne (nie sú zakreslené nové zariadenia), prípadne vôbec nie sú spracované, alebo došlo k ich úplnému zničeniu (tento problém je pri zariadeniach, ktoré sú už v prevádzke niekoľko rokov).

Rýchle a účinne obmedzenie úniku nebezpečnej látky má výrazný vplyv na minimalizáciu možných následkov závažnej havárie. Práve z tohto dôvodu nie je možné túto fázu primárnej identifikácie zdrojov rizika podceňovať. Na odbornosť pracovníkov vytvárajúcich takéto jednotky sú kladené vysoké nároky a je nutná spolupráca interných a externých pracovníkov.

Na základe rozboru jednotlivých typov armatúr, technologických prvkov, nebezpečných vlastností chemických látok a prípravkov je možné stanoviť základné pravidlá, ktoré sa musia pri vytváraní bezpečnostných jednotiek dodržiavať.

Základné pravidlá pri vytváraní bezpečnostných jednotiek:

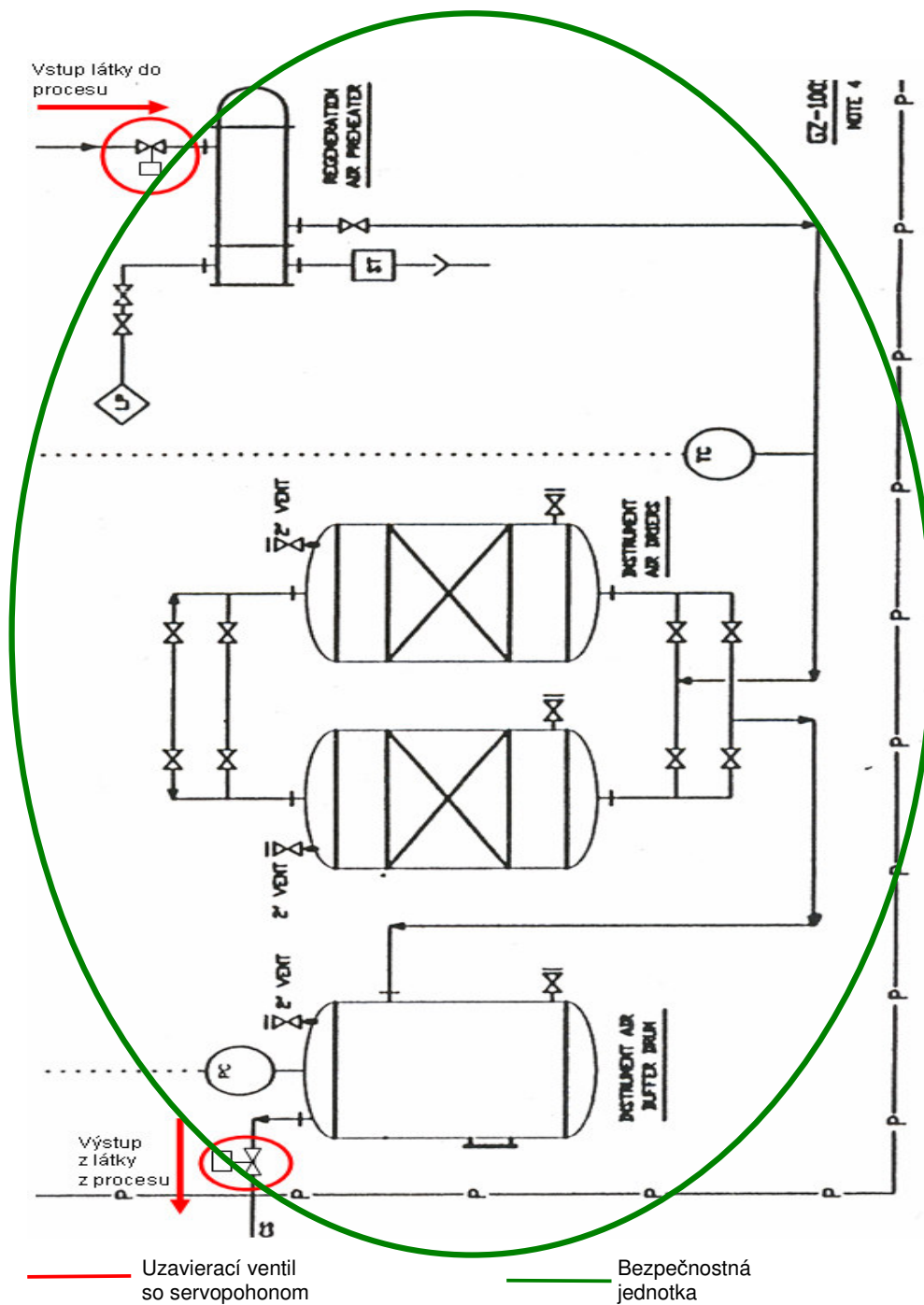
- ručné regulačné a uzavieracie armatúry nie sú vhodné pre vytváranie bezpečnostných jednotiek – dôvodom je dlhý časový úsek, ktorý je potrebný na ich uzatvorenie, zlá dostupnosť, možnosť neúplného uzatvorenia alebo úplného opomenutia,
- diaľkovo ovládané regulačné armatúry nie sú vhodné pre vytváranie bezpečnostných jednotiek. Tento typ armatúr neslúži k uzatvoreniu prietoku látky, ale iba k jeho obmedzeniu. Je možné ich použiť v havarijných situáciách, ale iba pre obmedzenie úniku kvapalnej látky, nie pre zastavenie,
- diaľkovo ovládané uzavieracie armatúry sú vhodné pre vytváranie jednotiek:
 - pri posudzovaní zariadení s toxickými látkami a predovšetkým toxickými látkami s nízkym bodom varu (bod varu je nižší ako je prevádzková teplota prípadne okolité podmienky) – je nutné posúdiť vhodnosť typu použitej uzavieracej armatúry (napr. ventil, šupátko, atď.),
 - pri zariadeniach pracujúcich pri vysokých prevádzkových tlakoch a teplotách (prevádzková teplota je vyššia ako bod varu látky, ktorá sa nachádza v zariadeniach, prípadne sa jedná o skvapalnené plyny s vysokým tlakom) – je

nutné posúdiť vhodnosť typu použitej uzavieracej armatúry (napr. ventil, šupátko, atď.),

- pri posudzovaní zariadení s horľavými kvapalnými látkami je nutné posúdiť vhodnosť typu použitej uzavieracej armatúry (napr. ventil, šupátko, atď.),
- pri posudzovaní zariadení s ropnými produktmi prípadne kvapalnými látkami s vysokým bodom varu a horľavými vlastnosťami, je možné pri zoskupovaní bezpečnostných jednotiek použiť uvedené kombinácie technologických zariadení. Toto riešenie sa musí prekonzultovať s obsluhou zariadení. Obsluha musí určiť ako rýchlo a ako účinne dôjde k zamedzeniu úniku danej látky.

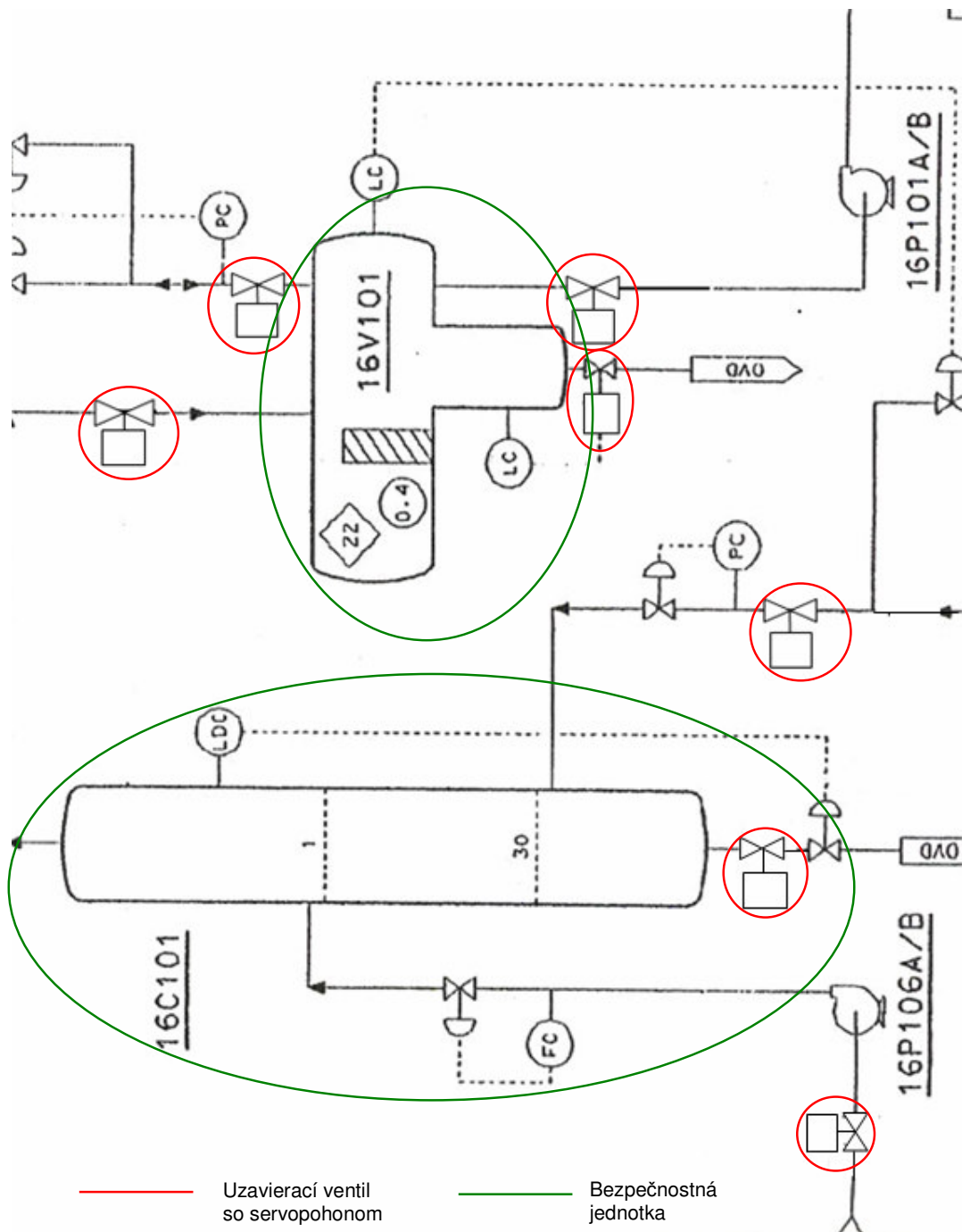
Je potrebné si uvedomiť, že sa jedná iba o základné pravidlá. Pri delení objektu na bezpečnostné jednotky sa môžu vyskytnúť iné prípady (kombinácie technologických prvkov), technologické procesy (rôzne prevádzkové tlaky a teploty s rôznymi nebezpečnými látkami), ktoré sa budú musieť posúdiť a vyhodnotiť. Je vždy potrebné mať na pamäti základný princíp rýchlej a účinnej oddeliteľnosti zariadení z dôvodu minimalizácie množstva uniknutej látky, a to s ohľadom na nebezpečné vlastnosti chemických látok a účinnosť bezpečnostných prvkov. Účinné a rýchle rozdelenie objektu na bezpečnostné jednotky bude vždy závisieť na spracovateľovi a jeho odborných znalostiach.

Príklady bezpečnostných jednotiek vytváraných pomocou diaľkovo ovládaných uzavieracích armatúr:

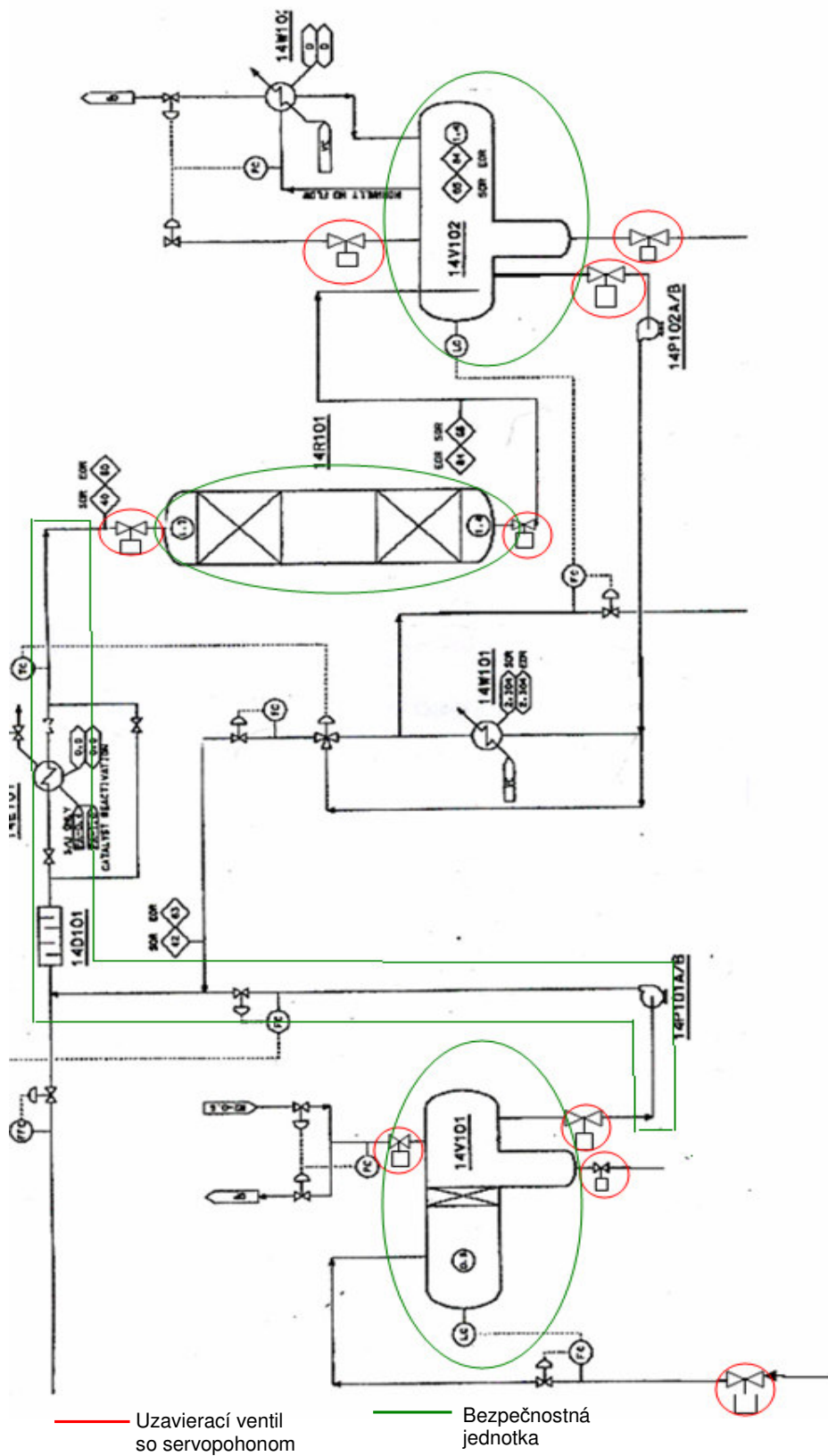


Obrázok č. 10 - Technologický celok tvoriaci jednu bezpečnostnú jednotku

Ak by sa v uvažovanej technológii nachádzalo viacero diaľkovo ovládaných uzavieracích armatúr, technológia by sa dala rozdeliť na viacero bezpečnostných jednotiek. Príklad technológie s viacerými bezpečnostnými jednotkami:



Obrázok č. 11- Technológia rozdelená na dve bezpečnostné jednotky



Obrázok č. 12 - Technológia rozdelená na štyri bezpečnostné jednotky

Bezpečnostnú jednotku môže tvoriť jeden samostatný zásobník, kolóna alebo časť potrubnej trasy, ale aj skupina zásobníkov, skupina technologických zariadení, prípadne celá výrobná linka. Počet bezpečnostných jednotiek v posudzovaných objektoch sa značne líši. Na základe skúseností získaných pri analýzach rôznych typov priemyselných komplexov, navrhujem podľa počtu bezpečnostných jednotiek podniky rozdeliť na:

- malé podniky – do 20 bezpečnostných jednotiek,
- stredné podniky – 20 - 100 bezpečnostných jednotiek,
- veľké podniky – nad 100 bezpečnostných jednotiek (v najväčších podnikoch som identifikovala viac ako 1000 bezpečnostných jednotiek).

Počet takýchto jednotiek výrazne ovplyvňuje výsledný počet zariadení/bezpečnostných jednotiek, ktoré sú identifikované ako zdroj rizika závažnej havárie. Pokiaľ je možné vytvoriť čo najväčší počet bezpečnostných jednotiek pomocou diaľkovo ovládaných uzavieracích armatúr, je zrejmé, že počet zdrojov rizika závažnej havárie vzhľadom k množstvu nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke bude klesať.

Bezpečnostné jednotky predstavujú základný celok pre stanovenie množstva látky, ktoré môže v prípade vzniku havárie uniknúť. Jednotky s chemickými látkami a prípravkami, ktoré majú horľavé, toxické a výbušné vlastnosti, predstavujú zdroje rizika z hľadiska možného spoločenského rizika.

Jednotky s horľavými, výbušnými, toxickými, oxidujúcimi chemickými látkami, prípadne jednotky so stlačenými plynmi, tvoria základ pre hodnotenie možného vzniku domino - efektu. Ako už bolo uvedené, množstvo látky ovplyvňuje dosah následkov (dosah výbuchového pretlaku, dosah tepelného účinku, rozlet fragmentov, atď.).

Environmentálne riziko má, v prípade závažnej havárie, iný charakter ako riziko spoločenské. Zdroje týchto rizík nemusia byť teda zhodné.²² Napr. výbuch nebezpečnej látky znamená veľké riziko pre obyvateľstvo alebo majetok, ale už menšie riziko pre životné prostredie. Pre identifikáciu zdrojov rizika z hľadiska následkov environmentálneho rizika sa používa Indexová metóda EAI. Jedným z faktorov, ktoré metóda vo svojom postupe hodnotí je množstvo skladovanej/prepravovanej látky. Metóda sa nezaobrá možným prepojením jednotlivých zariadení, teda nedefinuje jednotku, na základe ktorej sa dá množstvo uniknutej látky určiť. Z tohto dôvodu sa princíp rýchlej a účinnej oddeliteľnosti zariadení využíva aj pri identifikácii bezpečnostných jednotiek pri hodnotení environmentálneho rizika. Na stanovenie Environment - Accident Indexu vyberieme práve jednotky s látkami nebezpečnými pre životné prostredie.

Z uvedených skutočností vyplýva, že pri hodnotení spoločenského rizika, environmentálneho rizika a možného vzniku domino - efektu je správna identifikácia bezpečnostnej jednotky veľmi dôležitá a tento krok sa dá pre všetky uvedené riziká označiť za univerzálny.

²² FICBAUER, V. *Hodnocení environmentálních rizik.*

6.3 Množstvo nebezpečnej látky v zariadení/bezpečnostnej jednotke

Hlavným faktorom, ktorý ovplyvňuje skutočnosť, že zo zdroja rizika vznikne zdroj rizika závažnej havárie, je predovšetkým množstvo látky, ktoré môže z bezpečnostnej jednotky uniknúť. Tretím krokom v navrhovanej metodike je preto stanovenie množstva nebezpečnej látky na základe identifikovaných bezpečnostných jednotiek.

V mnohých prípadoch sa množstvo nebezpečnej látky, ktorá pri havárii unikne, prakticky rovná množstvu látky, ktoré sa nachádza v bezpečnostnej jednotke. Jedná sa predovšetkým o skladovacie zásobníky na kvapaliny, veľkokapacitné tanky, zásobníky na skvapalnené plyny i niektoré aparáty.

Táto zásada však neplatí úplne všeobecne. Pri zložitejších technológiách je s ohľadom na spôsob prepojenia aparátov a s ohľadom na rozdielne prevádzkové podmienky aparátov možné, že unikne iba určitá časť z celkového množstva látky v bezpečnostnej jednotke/aparátoch. Úlohou technológov a bezpečnostných inžinierov je odhadnúť, z ktorých aparátov unikne aký podiel z celkového množstva látky.

Stanovenie množstva látky, ktoré môže uniknúť z procesných zariadení predstavuje zložitý krok, a preto je nevyhnutná spolupráca s obsluhou daného zariadenia a zároveň požadovaná vysoká odbornosť spracovateľov danej analýzy. Vstupnými údajmi sú:

- objem zariadení,
- stupeň plnenia (objemový alebo hmotnostný),
- svetlosť potrubia,
- dĺžka potrubnej trasy,
- vstupné suroviny,
- medziprodukty,
- výstupné produkty,
- prevádzkové podmienky (p, t),
- výkonnostné parametre zariadení,
- atď.

V tejto fáze sa jedná o tzv. primárny odhad množstva látky, predovšetkým pri bezpečnostných jednotkách, ktoré sa skladajú z veľkého počtu zariadení. Výsledné množstvo sa stanovuje na základe vyššie uvedených vstupných parametrov pre jednotlivé zariadenia a celkovým súčtom jednotlivých množstiev. Tento odhad musí byť čo najpresnejší, pretože na jeho základe sa identifikujú zdroje rizika závažnej havárie, a preto musí byť znovu vyzdvihnutý význam úvodnej prehliadky objektu so zberom vstupných informácií a význam tvorby bezpečnostných jednotiek.

Obsluha zariadení vie často stanoviť množstvo látky, ktorá v prípade vzniku mimoriadnej udalosti unikne, práve na základe praktických skúseností spojených s prevádzkovaním daného zariadenia. Predovšetkým, ak už došlo k havárii na danom zariadení, obsluha vie určiť aké množstvo látky uniklo a za aký čas.

Pokiaľ stanovíme množstvo nebezpečných látok v jednotlivých jednotkách, je možné ešte toto množstvo znovu verifikovať s obsluhou zariadení.

6.3.1 Stanovenie množstva nebezpečnej látky vo vybraných typoch bezpečnostných jednotiek

a) Stanovenie množstva látky pre skladovacie a prepravné zariadenia

V prípade, že bezpečnostnú jednotku tvorí skladovací zásobník alebo prepravné zariadenie (ŽC, AC), pri stanovení množstva látky sa musí zohľadniť okrem objemu zariadenia a skupenstva látky (na základe prevádzkových podmienok), aj stupeň plnenia (objemový, hmotnostný). Pre jednotlivé látky sú legislatívnymi (ADR, RID) a technickými predpismi (napr. ČSN EN 12805) stanovené povolené stupne plnenia. Pokiaľ do bezpečnostnej jednotky patria aj časti potrubných trás, toto množstvo sa musí pripočítať k množstvu látky v zásobníku.

Príklady skladovacích a prepravných bezpečnostných jednotiek, so stanovením množstva látky, sú uvedené v prílohe 4 tejto práce.

b) Stanovenie množstva látky pri procesných zariadeniach

Do procesných zariadení môže vstupovať niekoľko druhov nebezpečných látok ako vstupné suroviny, môžu tiež vznikajú medziprodukty a výstupné produkty s novými vlastnosťami. S obsluhou zariadení sa musia stanoviť množstvá pre všetky typy látok (v prípade niektorých zariadení, prípadne nebezpečných látok pôjde iba o hrubý odhad obsluhy).

Príklad bezpečnostnej jednotky, v ktorej sa nachádza niekoľko druhov nebezpečných látok, je uvedený v prílohe 4 tejto práce.

c) Stanovenie množstva látky pre jednotky skladajúce sa z čerpadiel a potrubných systémov

Pri určovaní množstva látky v bezpečnostných jednotkách je potrebné do celkového množstva zahrnúť aj potrubné systémy, ktoré patria k danej jednotke, prípadne iné pomocné zariadenia vzhľadom k ich výkonu. Ak do jednotky patria aj čerpadlá, v odbornej literatúre²³ sa uvádza, že treba hodnotiť 15 minútový únik látky, kým dôjde k odstaveniu jednotky. Zo skúseností z praxe vyplýva, že je možné hodnotiť aj kratší únik, pokiaľ sa bezpečnostné jednotky vytvárajú pomocou diaľkových uzavieracích armatúr. Túto dobu určí obsluha zariadení na základe odhadu prípadne na základe prevádzkových skúseností. Toto množstvo treba pripočítať k celkovému množstvu, ktoré môže uniknúť zo zvyšnej časti jednotky.

Príklad bezpečnostnej jednotky, pozostávajúcej z čerpadiel a potrubných systémov, je uvedený v prílohe 4 tejto práce.

d) Stanovenie množstva nebezpečnej látky v bezpečnom rozpúšťadle

V prípade, že sa v bezpečnostnej jednotke nachádza nebezpečná látka rozpustená v bezpečnom rozpúšťadle, je to významný príklad toho, že množstvo látky jednotke sa nerovná uniknutému množstvu nebezpečnej látky. Pri množstve 20 t 25% hmot. amoniakálnej vody, sa musí posúdiť únik 5 t čistého NH₃ (15 t predstavuje H₂O).

Príklad bezpečnostnej jednotky, v ktorej sa nachádza nebezpečná látka rozpustená v bezpečnom rozpúšťadle, je uvedený v prílohe 4 tejto práce.

²³ Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*.

V tejto fáze identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie je nutné posúdiť aj stavy spúšťania a odstavovania technológie:

- množstvo a zloženie látok v aparátoch a zariadeniach pri odstavení bezpečnostnej jednotky,
- medziprodukty, ktoré vzniknú v procese – ich množstvo v pomocných zariadeniach,
- množstvo a zloženie látok v procesných aparátoch a zariadeniach (nadzemných aj podzemných).

Stanoviť nebezpečné vlastnosti nových látok, ktoré sú produktom technologických procesov, prípadne posúdiť, aký typ látky, s akými vlastnosťami a v akom množstve môže z technologického zariadeniach v určitých fázach procesu uniknúť, je náročnou záležitosťou. Bez odbornej konzultácie s obsluhou zariadení tento odhad nie je možný.

Presné množstvo látky, ktoré môže uniknúť sa určuje následnou detailnou analýzou vybraných zdrojov rizika závažnej havárie, kedy sa na základe odbornej rozpravy s obsluhou zariadení (napr. metódou HAZOP) identifikujú scenáre úniku.

6.3.2 Množstvo nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke pri hodnotení environmentálneho rizika

Pre výber zdrojov rizika závažnej havárie s ohľadom na následky environmentálneho rizika sa v súčasnej dobe používa predovšetkým Indexová metóda EAI. Metóda je vhodná pre rýchly odhad environmentálneho rizika.

Na základe hodnôt EA Indexu sa identifikujú jednotky, ktoré si vyžadujú detailnú analýzu environmentálnych rizík.

Hodnota EA Indexu sa stanovuje na základe:

- akútnej toxicity pre vodné organizmy (Tox),
- skladovaného/prepravovaného množstva nebezpečnej látky pre ŽP (Am),
- vlastností látky (viskozita, rozpustnosť) a vlastností prostredia (schopnosť penetrácia pôdy, hĺbka a spád podzemných vôd).

Vzorec pre výpočet EAI:

$$EAI = Tox \cdot Am \cdot (C + Sol + Sur) \quad [4]$$

Kde: Tox – akútna toxicita pre vodné organizmy [mg/l],

Am – skladované/prepravované množstvo nebezpečnej látky [t],

C – viskozita uniknutej látky [cSt],

So – rozpustnosť [hmot. %],

Sur – vyjadruje vlastnosti prostredia (vzdialenosť k najbližšiemu vodnému toku, hĺbka podzemnej vody, spád podzemných vôd, hrúbka zeminy nad podzemnou vodou).

Množstvo látky, ktorá unikne z bezpečnostnej jednotky je významným parametrom, ktorý ovplyvňuje výslednú hodnotu EA Indexu. Toto množstvo sa stanovuje na základe

identifikovanej bezpečnostnej jednotky (identifikácia bezpečnostných jednotiek ako pri hodnotení spoločenského rizika).

Pri stanovovaní množstva látky, ktorá môže uniknúť z bezpečnostnej jednotky a je zároveň nebezpečná pre životné prostredie, sa musia rešpektovať všetky zadané pravidlá pre stanovenie množstva látky nebezpečnej z hľadiska následkov spoločenského rizika (stupeň plnenia, výkony čerpadiel, atď.).

6.3.3 Množstvo nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke pri hodnotení vzniku domino efektu

Na základe množstva nebezpečnej látky, ktorá môže uniknúť z bezpečnostnej jednotky, sa stanovujú dosahy následkov – možné ovplyvnenie ďalších zariadení prípadne skupiny zariadení.

Pri hodnotení možnosti vzniku domino efektu sa musia posúdiť všetky možné následky závažnej havárie:

a) dosah toxického rozptylu:

Pri toxickom rozptyle sa hodnotí dosah rozptylu.

$$\langle C_l \rangle(x, y, z, t_l) = \frac{Q_m^*}{8(\pi K^* t)^{3/2}} \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2 + z^2)}{4K^* t}\right] \quad [5]$$

Kde: Q_m^* – množstvo uniknutej látky [kg],

K^* - koeficient vírivej difusivity [-],

t_l – doba od úniku [s],

x, y, z – súradnicový systém (smery rozptylu toxickej látky) [m],

C_l – koncentrácia látky [kg/m^3].

b) požiar

Pri vzniku požiaru je to predovšetkým dosah účinkov tepelného toku. Príkladom je vznik jet firu. Jedná sa o horenie dvojfázovej zmesi kvapalina – para pri kontinuálnom úniku.

Dĺžka plameňa sa stanoví zo vzťahu:

$$L_f = 18,82 \cdot m^{1/3} \quad [6]$$

Kde: L_f – dosah plameňa [m],

m – množstvo horľavej látky [kg].

Hustota tepelného toku sa stanoví zo vzťahu:

$$q = 1747 \cdot m^{2/3} \cdot r^{-2} \quad [7]$$

Kde: q - hustota tepelného toku [kW/m²],
 r - vzdialenosť od stredu plameňa [m],
 m – množstvo horľavej látky [kg].

c) výbuch

Pri výbuchu sa za významný následok považuje:

- dosah tepelného toku (dosah následkov fireballu),
- dosah tlakovej vlny,
- dosah rozletu fragmentov.

Príkladom je vznik BLEVE efektu, ktorý je sprevádzaný vznikom fireballu, tlakovej vlny a rozletom fragmentov zo zásobníku.

Polomer fireballu:

$$R_F = 3 \cdot m_L^{1/3} \quad [8]$$

Kde: R_F – polomer fireballu [m],
 m_L – množstvo horľavého skvapalneného plynu [kg].

Dosah odletujúcich fragmentov zásobníku

$$R_p = 120 \cdot W_{TNT}^{1/3} \quad [9]$$

Kde: R_p – dosah odletujúcich fragmentov zásobníku [m],
 W_{TNT} – ekvivalent TNT tlakovej vlny [kg].

6.4 Výber jednotiek pre hodnotenie následkov spoločenského rizika

Čiastkovým krokom primárnej identifikácie zdrojov rizika je výber bezpečnostných jednotiek, ktoré obsahujú toxické, horľavé a výbušné látky. Chemické látky a prípravky sú neoddeliteľnou súčasťou výrobných technológií a mnoho z týchto látok a prípravkov vykazuje jednu alebo viac nebezpečných vlastností. Pri vytváraní kompletného zoznamu bezpečnostných jednotiek nebezpečných z hľadiska následkov spoločenského rizika sa musia uviesť všetky nebezpečné vlastnosti pre každú látku, ktorá sa v jednotke nachádza – komplexné hodnotenie nebezpečných vlastností. Uvedené nebezpečné vlastnosti chemických látok a prípravkov nás zaujímajú z hľadiska negatívneho pôsobenia na ľudský organizmus a rozsahu poškodenia ľudského organizmu.

Na základe kompletného zoznamu zdrojov rizika (bezpečnostných jednotiek nebezpečných z hľadiska následkov spoločenského rizika) sa identifikujú zdroje rizika závažnej havárie. Aj tento zoznam je vhodné znova prekonzultovať s obsluhou zariadení.

7 VÝBER ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

Posledným krokom v navrhovanej metodike je výber zdrojov rizika závažnej havárie.

Zdroje rizika závažnej havárie sa vyberajú na základe:

- a) prekročenia limitného množstva zákona „o prevencii závažných havárií“ množstvom nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke/zariadení,
- b) prevádzkovej praxe zariadení/aparátov.

7.1 Limitné množstvo podľa zákona o prevencii závažných havárií

Zákon č. 59/2006 Zb. „o prevencii závažných havárií“ uvádza maximálne množstvá pre:

- menovite vybrané nebezpečné látky,
- ostatné nebezpečné látky, klasifikované do skupín podľa vybraných nebezpečných vlastností.

Stanovené množstvá sa využívajú k zaradeniu objektu/zariadenia do skupiny A alebo B. Dané množstvá pre jednotlivé skupiny stanovujem ako limitné množstvá pre identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie v navrhovanej metodike. Pre zariadenie/objekt, ktorý je zaradený do skupiny A, sa za limitné množstvá považujú množstvá látok pre túto skupinu (objekt v skupine B \Rightarrow limitné množstvá skupiny B).

Modifikácia výberu zdrojov rizika závažnej havárie:

V prípade, že množstvo nebezpečnej látky v bezpečnostnej jednotke/zariadení dosiahne alebo prekročí hodnotu limitného množstva zákona „o prevencii závažných havárií“ skupiny A alebo B (podľa zaradenia objektu/zariadenia), jedná sa o zdroj rizika závažnej havárie.

$$1 \leq \frac{Q_L}{L_Q} \Rightarrow ZRZH \quad [10]$$

Kde: Q_L – množstvo látky, ktorá môže uniknúť z bezpečnostnej jednotky [t],

L_Q – limitné množstvo podľa zákona o prevencii závažných havárií (skupina A alebo B) [t],

ZRZH – zdroj rizika závažnej havárie.

Zariadeniam/bezpečnostným jednotkám, ktoré množstvom nebezpečnej látky dosiahnu alebo prekročia hodnotu limitného množstva stanovenú pre celý objekt, je potrebné venovať významnú pozornosť. Tieto zariadenia/bezpečnostné jednotky sa musia identifikovať ako zdroj rizika závažnej havárie a následne detailne analyzovať za účelom zhodnotenia všetkých procesov (skladovanie, manipulácia). Výstupom detailnej analýzy je identifikácia možných havarijných scenárov a stanovenie dosahu následkov.

Jedná sa o nový princíp identifikácie ZRZH, v porovnaní so zaužívanou selektívnou metódou CPR 18E, pri ktorej sa ZRZH identifikujú na základe:

- množstva látky v nezávislej jednotke,
- medzného množstva,
- korekčných faktorov O_1 , O_2 , O_3 a medznej hodnoty G,
- vzdialenosti jednotky od hraníc posudzovaného objektu.

Selektívna metóda vo svojom postupe stanovuje medzné množstvá pre nebezpečné vlastnosti látok z hľadiska spoločenského rizika. Limitné množstvá zákona č. 59/2006 Zb. pre jednotlivé skupiny a medzné množstvá selektívnej metódy CPR 18E sú uvedené v tabuľke 11. Je zrejmé, že medzné množstvá selektívnej metódy CPR 18E sú omnoho konzervatívnejšie.

Tabuľka s limitnými hodnotami pre menovite vybrané nebezpečné látky je uvedená v prílohe 5 tejto práce.

Selektívna metóda CPR 18E umožňuje vo svojom postupe tzv. prekryvanie zdrojov rizika (zariadenia sa identifikujú ako zdroj rizika závažnej havárie od určitej hodnoty selektívneho čísla). Jedná sa o prioritizáciu zdrojov rizika, kde sa okrem množstva látky v samostatnej jednotke zohľadňujú vyššie uvedené parametre, ktoré ovplyvňujú bezpečnosť jednotky. Práve hodnoty korekčných faktorov a vzdialenosť od hraníc objektu umožňujú, aby zariadenia obsahujúce množstvo nebezpečnej látky presahujúce nielen medzné množstvá selektívnej metódy CPR 18E, ale aj limitné množstvá zákona č. 59/2006 Zb., boli prekryté iným zdrojom rizika.

V praxi sa jedná predovšetkým o skladovacie a prepravné zariadenia, ktoré množstvom látky niekoľkonásobne prekročia limitné množstvá zákona č. 59/2006 Zb. Tento fakt nevylučuje skutočnosť, že aj procesné zariadenia môžu množstvom látky prekročiť limitné množstvo

To však neznamená, že systém prekryvania zdrojov rizika v selektívnej metóde CPR 18E je nesprávny. Tento systém prekryvania je pre veľké podniky, v ktorých sa počet bezpečnostných jednotiek môže pohybovať až do 1000 jednotiek, neoceniteľný.

Musíme si uvedomiť, že z jednej bezpečnostnej jednotky môžu vzniknúť až tri zdroje rizika s ohľadom na druh následkov (požiar, výbuch alebo toxický rozptyl). **Nesmie dôjsť k opomenutiu žiadnej nebezpečnej vlastnosti látky – komplexné hodnotenie nebezpečnosti chemických látok a prípravkov.**

Tabuľka 11 – Limitné množstvá pre ostatné nebezpečné látky pre vybrané nebezpečné vlastnosti

Nebezpečná vlastnosť	Limitné množstvo zákon č. 59/2006 Zb. skupina A [t]	Limitné množstvo zákon č. 59/2006 Zb. skupina B [t]	Medzné množstvo selektívna metóda CPR 18E [t]
Vysoko toxické	5	20	medzné množstvo sa stanovuje na základe koncentrácie LC ₅₀ (rat, inh, 1h) a skupenstva pri teplote 25 °C - môže nadobúdať hodnoty 3 kg ÷ ∞
Toxické	50	200	
Oxidujúce	50	200	nehodnotí
Výbušné, keď látka, prípravok alebo predmet patria do podtriedy 1.4 Dohody ADR	50	200	medzné množstvo je také množstvo látky (v kg), ktoré uvoľní ekvivalentné množstvo energie ako 1 000 kg TNT
Výbušné, keď látka, prípravok alebo predmet patria do akejkoľvek podtriedy 1.1., 1.2, 1.3, 1.5, alebo 1.6. dohody ADR alebo sú označené špecifickou rizikovosťou R 2 alebo R 3	10	50	
Horľavé	5 000	50 000	10
Vysoko horľavé – chemické látky a prípravky s vetou R17	50	200	
Vysoko horľavé kvapaliny – chemické látky a prípravky s vetou R11	5000	50 000	
Extrémne horľavé	10	50	
Nebezpečné pre životné prostredie - chemické látky alebo prípravky s vetou R 50 (zahrňujúce R 50/53)	100	200	nehodnotí
Nebezpečné pre životné prostredie - chemické látky alebo prípravky s vetou R 51/53	200	500	nehodnotí
Ďalšie nebezpečné vlastnosti, ktoré nie sú uvedené vyššie v spojení so štandardnými vetami označujúcimi špecifickú rizikovosť: R 14 – prudko reagujúce s vodou (vrátane R 14/15)	100	500	nehodnotí
Ďalšie nebezpečné vlastnosti, ktoré nie sú uvedené vyššie v spojení so štandardnými vetami označujúcimi špecifickú rizikovosť: R 29 – pri styku s vodou sa uvoľňuje toxický plyn	50	200	nehodnotí

V tabuľke 11 sú uvedené limitné množstvá skupiny A a B podľa zákona „o prevencii závažných havárií“ nebezpečných vlastností chemických látok a prípravkov pre hodnotenie:

- spoločenského rizika – vysoko toxické, toxické, výbušné, extrémne horľavé, vysoko horľavé a horľavé chemické látky a prípravky,
- environmentálneho rizika – chemické látky a prípravky nebezpečné pre životné prostredie a chemické látky a prípravky označené vetou R 29,
- vzniku domino efektu - vysoko toxické, toxické, oxidujúce, výbušné, extrémne horľavé, vysoko horľavé a horľavé chemické látky a prípravky alebo označené vetou R 14 alebo R 29.

Identifikácia environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie

Vplyv kontaminantu na jednotlivé zložky životného prostredia sa môže značne líšiť, no aj pre tento typ hodnoteného rizika je nutné, aby zariadenia, ktoré množstvom látky prekročia uvedené limitné množstvo pre látky nebezpečné životnému prostrediu, boli hodnotené ako zdroje rizika závažnej havárie pre environmentálne riziko.

Pravidlá posudzovania nebezpečných vlastností:

- zariadenie/bezpečnostná jednotka sa musí identifikovať ako zdroj rizika závažnej havárie, pokiaľ svojou jednou nebezpečnou vlastnosťou dosiahne alebo prekročí limitné množstvo – komplexné hodnotenie nebezpečných vlastností,
- v prípade, že sa v bezpečnostnej jednotke/zariadení nachádza menovite vybraná nebezpečná látka, za limitné množstvo treba považovať limitnú hodnotu pre samotnú vybranú látku,
- v prípade, že sa v jednotke nachádza niekoľko druhov nebezpečných látok, musíme porovnať limitné množstvá pre všetky nebezpečné látky a pokiaľ len v jednom prípade bude dosiahnuté alebo prekročené limitné množstvo, zariadenie/bezpečnostnú jednotku musíme hodnotiť ako zdroj rizika závažnej havárie.

Tabuľky s praktickými aplikáciami jednotlivých pravidiel sú uvedené v prílohe 6 tejto práce.

7.2 Prevádzková prax zariadení/aparátov

Do výsledného záznamu zdrojov rizika musíme zaradiť zariadenia/aparáty/bezpečnostné jednotky, pri ktorých prevádzková prax už odhalila slabé miesta a došlo ich prevádzkovaním ku vzniku mimoriadnej udalosti. Nemuselo sa pritom jednať iba o závažnú haváriu, pri ktorej následky presiahli hranice posudzovaného objektu, alebo došlo ku fatálnym zraneniam. Mohlo sa jednať o drobný únik niekoľkých kilogramov nebezpečnej látky na základe zlyhania:

- bezpečnostných prvkov - napr. daná armatúra nezavrela, atď.,
- technologických zariadení – napr. výpadok chladiaceho média, atď.
- obsluhy zariadení - napr. obsluha nedodržala bezpečné postupy, atď.

Identifikácia takýchto zariadení/bezpečnostných jednotiek býva často obtiažná. Pokiaľ zariadenia nie sú spojené so vznikom závažnej havárie (následky havárie presiahli hranice posudzovaného objektu a odborná verejnosť sa o nej dozvedela práve prostredníctvom kontrolných orgánov prípadne vyšetrovacej komisie), obsluha prípadne údržba zariadení nerada pripúšťa vznik týchto mimoriadnych udalostí.

Na základe fyzickej prehliadky objektu a zoznamu všetkých aparátov/zariadení, skladov a stavebných objektov s nebezpečnými látkami je možné pri pohovore obsluhou zariadení prekonzultovať havarijné scenáre, ktoré sú vo svete spojené s prevádzkovaním takého typu zariadenia prípadne s nebezpečnou látkou. Tento krok je však založený predovšetkým na odborných znalostiach spracovateľov analýzy o týchto mimoriadnych udalostiach.

Analýzy prevádzkových praxí umožňujú dodatočne identifikovať aj kritické miesta z hľadiska spoľahlivosti obsluhy.

Prevádzková prax zariadení/aparátov/bezpečnostných jednotiek býva pri zostavovaní výsledného zoznamu zdrojov rizika závažnej havárie často opomínaná, pretože žiaden postup metód používajúcich sa k identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie túto skutočnosť nezohľadňuje.

Následnou detailnou analýzou sa identifikujú príčiny vzniku mimoriadnej udalosti a navrhnú bezpečnostné opatrenia, ktoré umožnia predísť vzniku takýchto udalostí prípadne minimalizujú negatívne následky.

8 ZHODNOTENIE METODIKY SELEKCIE ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

Navrhovaná metodika vychádza z praktických skúseností aplikácií jednotlivých screeningových, indexových a selektívnych metód v rôznych typoch priemyselných komplexov alebo na rôzne typy zariadení/aparáty.

V celkovom procese analýzy rizika spravidla dochádza k závažným opomenutiam už v prvej fáze a to pri identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie. V prvej etape identifikácie bývajú prehliadnuté významné zdroje rizika s ohľadom na následky spoločenského a environmentálneho rizika, a to z dôvodu:

- a) podcenenia nutnosti fyzickej prehliadky celého objektu (v určitých prípadoch identifikácia zariadení s nebezpečnými látkami bola realizovaná iba na základe pohovoru s obsluhou zariadení),
- b) nerešpektovania zásad pre stanovenie bezpečnostnej jednotky (nesprávna identifikácia bezpečnostných jednotiek),
- c) nepochopenie výsledkov aplikácie jednotlivých metód a vyvodzovanie chybných záverov.

Uvedené nedostatky musia byť minimalizované alebo úplne odstránené, pretože identifikácia zdrojov rizika závažnej havárie významným spôsobom ovplyvňuje celkovú efektivitu celého procesu analýzy rizika. Spoločným menovateľom prehliadnutia je do značnej miery intuitívny a nesystematický postup pri identifikácii zdrojov rizika.

Metodika bola rozdelená do dvoch základných častí:

- a) **primárna identifikácia zdrojov rizika,**
- b) **výber zdrojov rizika závažnej havárie.**

a) Primárna identifikácia zdrojov rizika

Táto časť sa skladá z troch základných krokov a z jedného čiastkového kroku:

Uvedené kroky na seba logicky nadväzujú a musia byť realizované systematicky, a to predovšetkým prvý krok – fyzická prehliadka objektu a následné vytvorenie zoznamu všetkých/aparátov zariadení, skladov a stavebných objektov s nebezpečnými látkami.

Významným krokom postupu je správna identifikácia všetkých bezpečnostných jednotiek s nebezpečnými látkami na základe princípu rýchlej a účinnej oddeliteľnosti. Výsledkom tohto kroku je vytvorenie takých skupín aparátov a zariadení, ktoré nie je možné medzi sebou účinne oddeliť a v prípade havárie dôjde k úniku látky z celej skupiny aparátov, nielen z jedného aparátu (pokiaľ bezpečnostnú jednotku netvorí iba jedno zariadenie/aparát).

Zložité výroby alebo spracovateľské technológie sú spravidla tvorené niekoľkými bezpečnostnými jednotkami. Jednu jednotku môže tvoriť celá rada aparátov a zariadení. Časť jednotky môže byť umiestená nad zemou a niektoré časti jednotky môžu byť umiestené pod povrchom (napr. podzemné zásobníky).

Na základe identifikovaných bezpečnostných jednotiek sa stanovuje množstvo nebezpečnej látky, ktorá môže v prípade vzniku mimoriadnej udalosti uniknúť. Toto množstvo rozhoduje

o zdroji rizika závažnej havárie. Množstvá nebezpečných látok v rôznych aparátoch, zariadeniach, medzioperačných zariadeniach, technologických a skladovacích zásobníkoch sa významne líšia. Množstvá látok v bezpečnostných jednotkách sa pohybujú v rozmedzí od niekoľkých gramov až po 10^6 kg, ale môže sa jednať i o omnoho väčšie množstvá.

Čiastkovým krokom je vytvorenie kompletného zoznamu zdrojov rizika pre identifikáciu zdrojov rizika závažnej havárie z hľadiska následkov spoločenského rizika.

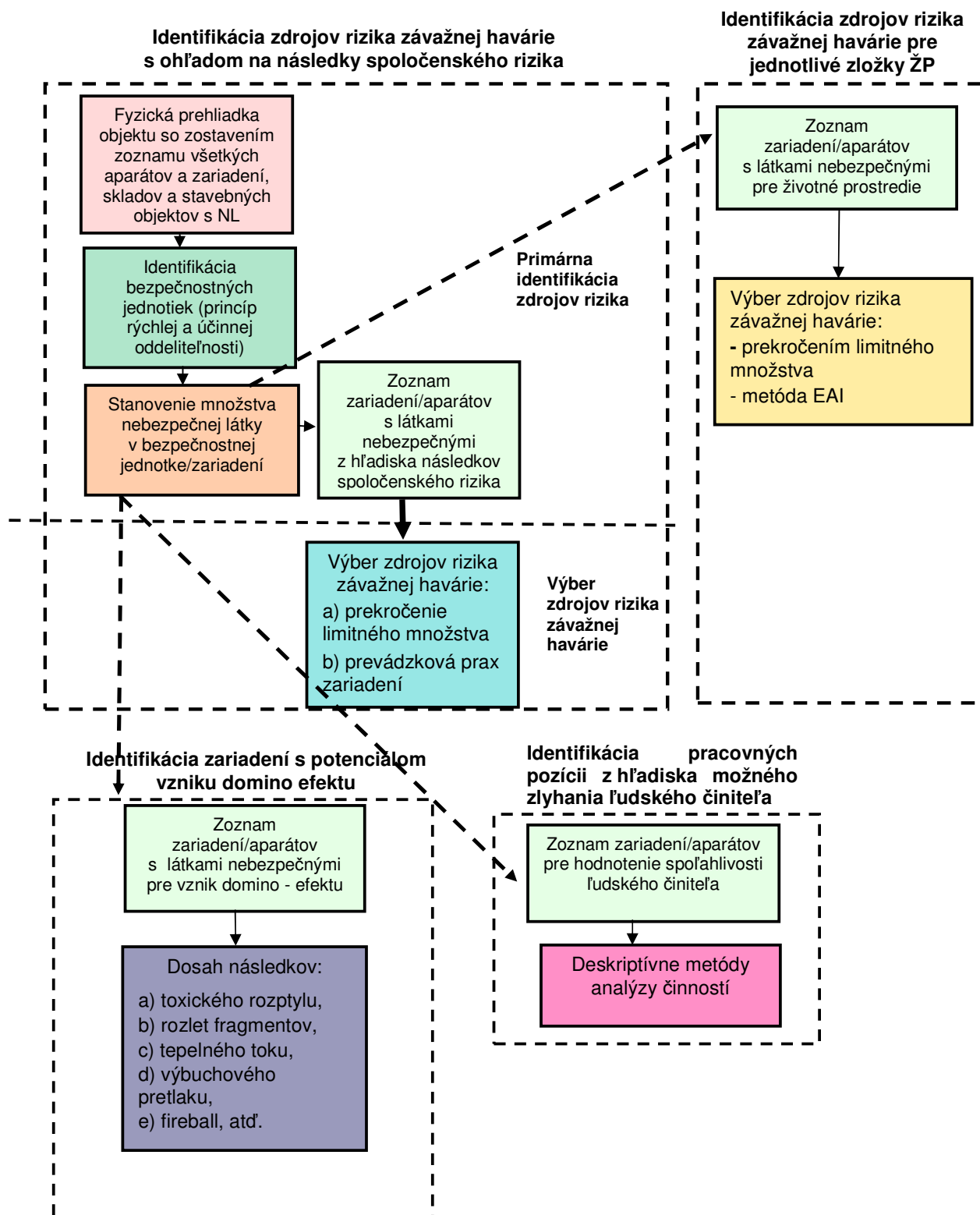
b) Výber zdrojov rizika závažnej havárie

Posledným krokom metodiky je výber zdrojov rizika závažnej havárie. Zariadenia/bezpečnostné jednotky sú identifikované ako zdroj rizika závažnej havárie:

- a) v prípade, že množstvom nebezpečnej látky v zariadení/bezpečnostnej jednotke dosiahnu alebo prekročia limitné množstvo zákona „o prevencii závažných havárií“ skupiny A alebo B pre vybranú bezpečnú vlastnosť alebo pre vymenovanú látku,
- b) na základe prevádzkovej praxe zariadení/aparátov – zariadenia, ktorých prevádzkou došlo už ku vzniku mimoriadnej udalosti, pritom nezáleží či sa jednalo o drobný únik alebo závažnú haváriu.

Napriek tomu, že sa jedná o metodiku pre hodnotenie spoločenského rizika, niektoré kroky sú univerzálne aj pre hodnotenie environmentálneho rizika, pre hodnotenie vzniku domino efektu a pre hodnotenie spoľahlivosti ľudského činiteľa. Princíp identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie prekročením limitného množstva zákona „o prevencii závažných havárií“ bol doplnený aj pre identifikáciu environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie. Na nasledujúcom obrázku č. 13 je znázornený postup metodiky a využiteľnosť jednotlivých krokov pri hodnotení spoločenského rizika pre identifikáciu bezpečnostných jednotiek a pre hodnotenie:

- a) rizika s environmentálnymi následkami,
- b) domino efektu,
- c) spoľahlivosti ľudského činiteľa.



Obrázok č. 13 – Využitelnosť jednotlivých krokov metodiky

9 PRAKTICKÁ APLIKÁCIA NAVRHovANEJ METODIKY A SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E

Navrhovaná metodika a selektívna metóda CPR 18E boli aplikované v niekoľkých priemyselných komplexoch. Jednalo sa o výrazne časovo náročné úlohy. V práci sú uvedené výsledky z aplikácie v podniku anorganickej chémie.

Posudzovaný podnik anorganickej chémie sa skladá z veľkého počtu technológií slúžiacich k výrobe hlavných a vedľajších produktov. Súčasťou výrobného procesu je transport a skladovanie vstupných surovín, medziproduktov a výstupných produktov, prevádzkovanie tzv. pomocných technológií potrebných na zaistenie servisu výrobných technológií (energetické centrá, sklady nebezpečných odpadov, atď.). Podnik bol na základe množstva nebezpečných látok zaradený do skupiny B.

Prvým krokom bola fyzická prehliadka posudzovaného podniku. Do prehliadky boli zahrnuté všetky stavebné objekty (aj tie, ktoré sa v súčasnosti nevyužívajú):

- objekty výroby, poloprevádzky, atď.,
- sklady hotových výrobkov a horľavých kvapalín,
- sklady nebezpečných látok a pomocných materiálov,
- sklady nebezpečných odpadov,
- provizórne sklady,
- prepravné zariadenia s nebezpečnými látkami na stáčacích pozíciách,
- prepravné zariadenia s nebezpečnými látkami odstavené na koľajniciach a cestných komunikáciách,
- spaľovňa nebezpečných odpadov a spaľovne odplynov,
- vnútro podnikové koľajnice,
- ČOV,
- záchytné jímky, nádrže odpadových vôd,
- laboratória, dielne,
- potrubné rozvody,
- atď.

Po fyzickej prehliadke objektu bol zostavený zoznam všetkých aparátov/zariadení, skladov a stavebných objektov s nebezpečnými látkami. Počet objektov, prevádzok a nebezpečných látok, ktoré boli podrobené prehliadke a zaradené zo zoznamu je uvedený v tabuľke 12.

Tabuľka 12 - Zoznam všetkých aparátov a zariadení v podniku anorganickej chémie

Počet hodnotených stavebných objektov:	116
Počet hodnotených výrob, poloprevádzok, atď.:	14
Počet uvažovaných látok a prípravkov:	83

Následne sa identifikovali bezpečnostné jednotky na princípe rýchlej a účinnej oddeliteľnosti jednotlivých zariadení/aparátov pomocou vhodného typu armatúr. Pre hodnotenie spoločenského rizika sa vybrali bezpečnostné jednotky s horľavými, toxickými a výbušnými látkami.

V tabuľke 13 sú uvedené výsledky zoskupovania bezpečnostných jednotiek a výber jednotiek pre hodnotenie následkov spoločenského rizika.

Tabuľka 13- Počet bezpečnostných jednotiek

Počet identifikovaných bezpečnostných jednotiek	365
Počet bezpečnostných jednotiek pre hodnotenie spoločenského rizika	232

a) výsledky selektívnej metódy CPR 18 E

Selektívnou metódou CPR 18E bolo posúdených všetkých 232 bezpečnostných jednotiek. Na základe získaných údajov o bezpečnostných jednotkách (sklad, proces, umiestnenie, atď.) boli identifikované bezpečnostné jednotky ako zdroj rizika závažnej havárie a z dôvodu vysokého počtu týchto jednotiek (55 zdrojov rizika závažnej havárie) bol využitý systém prekrývania zdrojov rizika závažnej havárie. Výsledky sú uvedené v tabuľkách 14. a 15.

Tabuľka 14 – Počet zdrojov rizika závažnej havárie - selektívna metóda CPR 18E

Počet zdrojov rizika závažnej havárie CPR 18E:	55
Počet zdrojov rizika závažnej havárie CPR 18E vybraných pre nasledujúcu detailnú analýzu:	17 zdrojov rizika závažnej havárie (systém prekrývania zdrojov rizika závažnej havárie)

Tabuľka 15 – Vybrané zdroje rizika závažnej havárie selektívnou metódou CPR 18E

Por. číslo	Zdroj rizika závažnej havárie	Množstvo [t]	O ₁	O ₁	O ₁	G	Indikačné číslo	S max.
1	ŽC na pozícii stáčania –tox. látka 1	48,7	1,0	1,0	10,0	3 000	162,3	162,3
2	Guľový zásobník, potrubie – tox. látka 1	99,4	0,1	1,0	10,0	3 000	33,133	33,133
3	Reakčná časť výroby – tox. látka 2	0,161	1,0	1,0	10,0	30	53,666	53,666
4	Zásobník A - tox. látka 2	5	1,0	0,1	0,446	100	2,230	2,230
5	Zásobník B - tox. látka 2	5	1,0	0,1	0,446	100	2,230	2,230
6	Zásobník A, potrubie – tox. látka 3	54	1,0	1,0	0,1	30	180,0	180,0
7	Zásobník B, potrubie – tox. látka 3	54	1,0	1,0	0,1	30	180,0	180,0
8	Zásobník C, potrubie – tox. látka 3	54	1,0	1,0	0,1	30	180,0	180,0
9	Chlórové hospodárstvo – tox. látka 4	1	1,0	1,0	10,0	300	33,33	33,33
10	Potrubie do odmerky na DPG – tox. látka 2	1,201	1,0	1,0	0,446	100	5,356	5,356

Tabuľka 15 – Vybrané zdroje rizika závažnej havárie selektívnou metódou CPR 18E - pokračovanie

Por. číslo	Zdroj rizika závažnej havárie	Množstvo [t]	O ₁	O ₁	O ₁	G	Indikačné číslo	S max.
11	Chladiaci okruh – tox. látka 1	15	1,0	1,0	10,0	3 000	50,00	50,00
12	Neutralizačná (detoxikačná) jama A – tox. látka 2	0,9	1,0	1,0	1,9	100	17,100	17,100
13	Neutralizačná (detoxikačná) jama B – tox. látka 2	0,9	1,0	1,0	1,9	100	17,100	17,100
14	Neutralizačná (detoxikačná) jama C – tox. látka 2	0,9	1,0	1,0	1,9	100	17,100	17,100
15	Zásobník A- tox. látka 3	200	0,1	0,1	0,1	30	6,666	6,666
16	Zásobník B - tox. látka 3	200	0,1	0,1	0,1	30	6,666	6,666
17	Plnenie ŽC – tox. látka 3	37	1,0	0,1	0,1	30	12,33	12,33

b) výsledky navrhovanej metodiky selekcie zdrojov rizika závažnej havárie

Množstvá látok v bezpečnostných jednotkách boli porovnané s limitnými množstvami zákona o prevencii závažných havárií pre skupinu B, podľa nebezpečných vlastností alebo podľa limitných množstiev pre vybrané látky.

Do zoznamu vybraných zdrojov rizika závažnej havárie boli doplnené ďalšie zariadenia spojené so vznikom mimoriadnej udalosti (únik nebezpečnej látky z daného zariadenia).

Tabuľka 16 – Počet zdrojov rizika závažnej havárie identifikovaných navrhovanou metodikou

Počet zdrojov rizika závažnej havárie identifikovaných navrhovanou metodikou:	18 - prekročenie limitného množstva zákona č. 59/2006 Zb.
	3 – prevádzková prax zariadení (spojených so vznikom závažnej havárie)

V tabuľke 16 sú uvedené zdroje rizika závažnej havárie identifikované navrhovanou metodikou selekcie zdrojov rizika závažnej havárie. Farebne sú zvýraznené bezpečnostné jednotky, ktoré boli identifikované ako zdroj rizika závažnej havárie zároveň aj selektívnou metódou CPR 18E. Jedná sa o 9 zdrojov rizika závažnej havárie.

Tabuľka 17 - Zdroje rizika závažnej havárie identifikované navrhovanou metodikou

Por. číslo	Zdroj rizika závažnej havárie	Množstvo [t]	Limitné množstvo podľa zákona o prevencii závažných havárií skupiny B [t]
1	Zásobník A, potrubie – tox. látka 3	54	20 (T+)
2	Zásobník B, potrubie – tox. látka 3	54	20 (T+)
3	Zásobník C, potrubie – tox. látka 3	54	20 (T+)
4	Zásobník A- tox. látka 3	200	20 (T+)
5	Zásobník B - tox. látka 3	200	20 (T+)
6	Zásobník Z1 - tox. látka 3	88,5	20 (T+)
7	Zásobník Z2 – tox. látka 3	88,5	20 (T+)

Tabuľka 17 – Zdroje rizika závažnej havárie identifikované navrhovanou metodikou – pokračovanie

Por. Číslo	Zdroj rizika závažnej havárie	Množstvo [t]	Limitné množstvo podľa zákona o prevencii závažných havárií skupiny B [t]
8	Podzemný zás. – tox. látka 5	42	20 (T+)
9	Plnenie ŽC – tox. látka 3	37	20 (T+)
10	Plnenie ŽC - tox. látka 5	49	20 (T+)
11	Hlavný sklad A- tox. látka 5	630	20 (T+)
12	Hlavný sklad B - tox. látka 5	200	20 (T+)
13	Sklad B - tox. látka 6	30	20 (T+)
14	Sklad C - tox. látka 6	60	20 (T+)
15	Sklad D - tox. látka 6	50	20 (T+)
16	Sklad E- tox. látka 5	60	20 (T+)
17	Sklad F - tox. látka 5	40	20 (T+)
18	Sklad G - tox. látka 6	300	20 (T+)
19	Neutralizačná (detoxikačná) jama A – tox. látka 2	0,9	prevádzková prax
20	Neutralizačná (detoxikačná) jama B – tox. látka 2	0,9	prevádzková prax
21	Neutralizačná (detoxikačná) jama C – tox. látka 2	0,9	prevádzková prax

Z uvedených výsledkov vyplýva, že pokiaľ by sme zdroje rizika závažnej havárie identifikovali iba selektívnou metódou CPR 18E došlo by, vzhľadom k hodnotám korekčných faktorov a systému prekrývania, k opomenutiu dvanástich zdrojov rizika závažnej havárie.

Pokiaľ by sme zdroje rizika závažnej havárie identifikovali iba navrhovanou metodikou, došlo by k opomenutiu ôsmich zdrojov rizika závažnej havárie.

Najvhodnejším postupom identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie je kombinácia navrhovanej metodiky a selektívnej metódy CPR 18E.

Kombináciou daných postupov v posudzovanom podniku dostaneme 29 zdrojov rizika závažnej havárie.

Detailná analýza bezpečnostných jednotiek, ktoré majú rovnaký objem, rovnaké množstvo látky, obsahujú rovnakú nebezpečnú látku a pracujú za rovnakých prevádzkových podmienok sa realizuje pre jedno zariadenie/bezpečnostnú jednotku a navrhnuté bezpečnostné opatrenia sa aplikujú pre všetky takéto zariadenia/bezpečnostné jednotky.

Následnou detailnou analýzou by sa v danom prípade hodnotilo 22 rozdielnych typov zariadení/bezpečnostných jednotiek ako zdroj rizika závažnej havárie. Z celkovej počtu 232 bezpečnostných jednotiek sa jedná o cca 9,5% bezpečnostných jednotiek.

10 ZÁVER

Hlavným cieľom dizertačnej práce bol návrh metodiky selekcie zdrojov rizika závažnej havárie. Na dosiahnutie daného cieľa boli stanovené podporné čiastkové ciele. Jedným z čiastkových cieľov bola praktická aplikácia danej metodiky v podniku anorganickej chémie.

Základom pre vypracovanie postupu metodiky bol rozbor výsledkov praktických aplikácií jednotlivých screeningových a indexových metód, a predovšetkým rozbor výsledkov selektívnej metódy CPR 18E. Jeden zo základných nedostatkov, ktorý vyplynul z analýzy uvedených metód, je intuitívnosť a nesystémovosť prvého kroku v postupe identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie.

V prípade identifikácie zdrojov rizika závažnej havárie na základe postupu screeningových, indexových alebo selektívnych metód, by mohla nastať situácia, v ktorej dôjde k opomenutiu významného zdroja rizika. Jednotlivé kroky v metódach na seba síce logicky nadväzujú, no úvodné vstupy sú realizované nesystematicky. Rozdelenie objektu na nezávislé jednotky v zmysle selektívnej metódy CPR 18E, prípadne identifikácie samostatných jednotiek v zmysle indexových a screeningových metód, patrí k náročným úlohám, a tento krok nie je možné uskutočniť bez predošlej úvodnej analýzy celého priemyselného komplexu.

Na základe čiastkových cieľov:

- bol vytvorený návrh zásad pre systematickú, detailnú kontrolu objektu z hľadiska prítomných nebezpečných chemických látok a prípravkov a návrh doporučení pre tvorbu zoznamu všetkých zdrojov rizika v posudzovanom objekte - nový prístup ku zberu vstupných informácií pre identifikácie všetkých zdrojov rizika,
- boli navrhnuté pravidlá na identifikáciu bezpečnostných jednotiek (uváženie vplyvu typu armatúr),
- boli modifikované pravidlá pre výber zdrojov rizika závažnej havárie,
- boli modifikované pravidlá na posúdenie bezpečnosti ostatných zdrojov rizika selektívnou metódou CPR 18E,
- bol navrhnutý spôsob využitia jednotlivých krokov z danej metodiky na identifikáciu environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie, identifikáciu zariadení s potenciálom vzniku domino – efektu a identifikáciu pracovných pozícií pri hodnotení spoľahlivosti ľudského činiteľa,
- boli modifikované pravidlá pre výber environmentálnych zdrojov rizika závažnej havárie.

Pre získanie kompletného zoznamu zdrojov rizika závažnej havárie bola navrhovaná metodika rozdelená na dve základné časti a tie sa ďalej podľa logickej náväznosti delili na základné kroky. Všetky stanovené kroky si vyžadovali dôkladnú dokumentáciu a následnú zrozumiteľnú prezentáciu výsledkov.

Význam navrhovaného postupu pre prax

Navrhovaná metodika selekcie zdrojov rizika závažnej havárie má umožniť zvýšiť celkovú kvalitu posúdenia bezpečnosti, a to predovšetkým vo veľkých priemyselných komplexoch pozostávajúcich z veľkého počtu zariadení/aparátov. Počet takýchto zariadení sa môže pohybovať až do tisícov. Identifikácia zdrojov rizika (zariadení/aparátov s nebezpečnými látkami) je náročnou úlohou a opomenutie zdroja rizika výrazne znižuje celkovú kvalitu analýzy rizika. Práve z tohto dôvodu nie je možné podceniť úvodný krok systematického zberu informácií, aj keď sa na prvý pohľad môže javiť ako úplne elementárny. Modifikácia pravidiel výberu zdrojov rizika závažnej havárie je vhodná tak pre veľké priemyselné komplexy, ako aj pre stredné a malé podniky. Veľkým prínosom danej metódy je možnosť využitia základných krokov aj pri identifikácii zariadení z hľadiska ďalších následkov (environmentálnych, domino – efektu, atď.), pričom využitím týchto krokov dôjde k výraznej časovej úspore v celkovom procese analýzy rizika.

Výstupom danej metodiky v kombinácii so selektívnou metódou CPR 18E je zoznam zdrojov rizika závažnej havárie určených pre následnú detailnú analýzu.

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1– Hodnoty faktoru O_1	26
Tabuľka 2 – Indikačné a selektívne čísla pre vybrané typy jednotiek	27
Tabuľka 3 – Hodnoty faktoru O_2	27
Tabuľka 4 - Dosah účinkov úniku toxickej látky.....	29
Tabuľka 5 - Hodnoty indikačného čísla	29
Tabuľka 6 - Výsledky selektívnej metódy CPR 18E - potrubné systémy	32
Tabuľka 7 – Základné údaje o úniku toxickej látky – 5 min.	44
Tabuľka 8 – Dosahy toxického rozptylu – 5 min. únik.....	45
Tabuľka 9 – Základné údaje o úniku toxickej látky – 2 min.	45
Tabuľka 10 – Dosahy toxického rozptylu – 2 min. únik.....	45
Tabuľka 11 – Limitné množstvá pre ostatné nebezpečné látky pre vybrané nebezpečné vlastnosti	66
Tabuľka 12 - Zoznam všetkých aparátov a zariadení v podniku anorganickej chémie	72
Tabuľka 13- Počet bezpečnostných jednotiek	73
Tabuľka 14 – Počet zdrojov rizika závažnej havárie - selektívna metóda CPR 18E.....	73
Tabuľka 15 – Vybrané zdroje rizika závažnej havárie selektívnou metódou CPR 18E	73
Tabuľka 16 – Počet zdrojov rizika závažnej havárie identifikovaných navrhovanou metodikou	74
Tabuľka 17 - Zdroje rizika závažnej havárie identifikované navrhovanou metodikou	74

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok č. 1 - Návrh metodiky s využitím niektorých krokov selektívnej metódy CPR 18E	36
Obrázok č. 2 - Strmeňové šupátko pre vyššie tlaky s ručným pohonom	46
Obrázok č. 3 - Uzavieracia klapka	47
Obrázok č. 4 - Uzavierací ventil	47
Obrázok č. 5 - Guľový kohút	48
Obrázok č. 6 - Stavy, ktoré môžu nastať pri ručných uzavieracích armatúrach	49
Obrázok č. 7 - Systém zásobníkov prepojených pomocou ručných uzavieracích armatúr	49
Obrázok č. 8 - Systém troch zásobníkov, v prípade že nedôjde k úplnému uzatvoreniu regulačnej armatúry	50
Obrázok č. 9 - Systém troch zásobníkov, v prípade že nedôjde k úplnému uzatvoreniu regulačnej armatúry	50
Obrázok č. 10 - Technologický celok tvoriaci jednu bezpečnostnú jednotku	54
Obrázok č. 11- Technológia rozdelená na dve bezpečnostné jednotky	55
Obrázok č. 12 - Technológia rozdelená na štyri bezpečnostné jednotky	56
Obrázok č. 13 – Využitelnosť jednotlivých krokov metodiky	71

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] AIChE: *Technical manual Dow's Chemical Exposure Index*. American Institute of Chemical Engineers, 1994.
- [2] American Institute of Chemical Engineers: *Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tables*. New York: Center for Chemical Process Safety, 1989. 300 p. ISBN 0 – 8169 – 0422 – 7.
- [3] ANTONIONI, G.; SPADONI, G.; COZZANI, V. *Application of Domino Effect Quantitative Risk Assessment to an Extended Industrial Area*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, February, 2009, vol. 22, no. 2, pp 439 – 449. ISSN 0950 - 4230.
- [4] ATHERTON, J.; GIL, F. *Incidents That Define Process Safety*. New York: Center for Chemical Process Safety/AIChE. 2008. 353 p. ISBN 0 – 470 – 12204 – 4.
- [5] BABINEC, F. *Aplikovaná fyzikální chemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1991. ISBN 80 – 214 – 0367 – 5.
- [6] BABINEC, F. *Bezpečnostní inženýrství*. Učební text. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2000. 96 s.
- [7] BEJAN, A.; KRAUS, A. D. *Heat Transfer Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 1480 p. ISBN 0 – 471 – 39015 - 2.
- [8] CANADIAN SOCIETY FOR CHEMICAL ENGINEERING. *Risk Assessment – Recommended Practices for Municipalities and Industry*. Ottawa: CSCCE, 2004. ISBN 0 – 920804 – 92 - 6.
- [9] CARSON, P. A.; MUMFORD, C. J. *Hazardous Chemicals Handbook*. New York: Elsevier, 1994. 388 p. ISBN 0 – 7506 – 0278 – 5.
- [10] Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers: *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. New York: American Institute of Chemical Engineers/AIChE, 1995. ISBN 0 – 8169 – 0720 - X.
- [11] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY/AICHE: *Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases*. New York: AIChE, 1996. ISBN 978 – 0 – 8169 – 0786 - 1.
- [12] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Combined Glossary of Terms*. Spring, 2005.
- [13] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs*. New York: American Institute of Chemical Engineers/AIChE, 1994. ISBN 0 – 8169 – 0474 - X.
- [14] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*. New York: Center for Chemical Process Safety/Sichr, 1994. 390 p. ISBN: 0 – 8169 – 0461 – 7.
- [15] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes*. New York: American Institute of Chemical Engineers/AIChE, 1993. 420 p. ISBN 0 – 8169 – 0554 - 1.

-
- [16] CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: *Understanding Atmospheric Dispersion of Accidental Releases*. New York: Center for Chemical Process Safety/AIChE, 1995. 64 p. ISBN 0 – 8169 – 0681 – 5.
- [17] Chemical Industry Safety & Council of the Chemical Industries Association Limited. *A Guide to Hazard and Operability Studie*. 1987.
- [18] CHEREMINISOFF, N. P. *Handbook of Emergency Response to Toxic Chemical Releases - A Guide to Compliance*. New Jersey: William Andrew Publishing/Notes, 1995. 315 p. ISBN 0 – 8155 – 1365 - 0.
- [19] CHEREMISINOFF, N. P. *Handbook of Chemical Processing Equipment*. London: Elsevier, 2000. 551 p. ISBN 0 – 7506 – 7126 - 2.
- [20] Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E)*. Hague, 1999. ISBN 90 – 12 – 8796 - 1.
- [21] Committee for the Prevention of Disasters: *Major Accident Risks Decree '99 (CPR 20)*. Hague, 1999.
- [22] Committee for the Prevention of Disasters: *Methods for Calculation of Physical Effects (Yellow book, CPR 14E)*. Hague, 1999.
- [23] Committee for the Prevention of Disasters: *Methods for the determination of Possible Damage (Green book, CPR 16E)*. Voorburg, 1989. ISBN 90 – 5307 – 052 - 4.
- [24] COWLEY, L.; JOHNSON, A. *Oil and Gas Fires, Characteristics and Impacts*. London: HMSO, 1992. 293 p.
- [25] COZZANI, V.; GOZZI, F.; MAZZONI, A.; ZANELLI, S. *Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability*. Torino: ESREL, 2001. 807 p.
- [26] *CPR 12E, Methods for determining and processing probabilities*. Der Haag: TNO, 1997. 400 p.
- [27] CROWL, A. D.; LOUVAR, F. J. *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications*. New Jersey: Prentice Hall, 1990. ISBN 0 – 13 – 129701 - 5.
- [28] DEBRAY, B.; SALVI, O. *ARAMIS Project: an integrated risk assessment methodology that answers the needs of various stakeholders*. France: Ineris, 2002.
- [29] *Directive 82/501/EEC - SEVESO „On the major-accident hazards of certain industrial activities“*. Official Journal of the European Communities, No. 1, 1982.
- [30] *Directive 96/82/EC - SEVESO II „On the control of major accident hazards involving dangerous substances“*. Official Journal of the European Communities, No. 1, 1997.
- [31] EEC: *Methods for the determination of toxicity*. Annex to Directive 92/69/EEC (Official Journal No. L383A, 29.12.92), Part B, Method B.3. Acute toxicity (dermal).
- [32] FICBAUER, V. *Hodnocení environmentálních rizik*. Brno, 2006. 84 s. Disertační práce na Vysokém učení technickém v Brně na Fakultě strojního inženýrství. Vedoucí disertační práce prof. Ing. František Babinec, CSc.
- [33] FRANKEL, M. *Facility Piping Systems Handbook*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2002. 1256 p. ISBN 0 – 07 – 135877 – 4.
- [34] FREEMAN, A. R. *The Use of Risk Assessment in the Chemical Industrie*. Plant/Operation Progress, Jun, 2004, vol. 4, no. 2, pp. 85 – 89. ISSN 0278 - 4513.

-
- [35] GREENBERG, R. H.; CRAMER, J. J. *Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. ISBN 0 – 442 – 23438 - 4.
- [36] GUBINELLI, G.; COZZANI, V. *The assessment of missile hazard: evaluation of fragment number and drag factors*. Journal of Hazardous Materials, April, 2008, vol.161, no. 4, pp 439-449. ISSN 0304-3894.
- [37] HANUŠKA, Z., MUCHNA, V., VORUDA, J. *Havárie s nebezpečnými látkami*. Učební text pro členy jednotek požární ochrany. Praha: Fire Edit, 1992. 90 s.
- [38] HENRYCH, J. *Dynamika výbuchu a její využití*. Praha: Academia, 1973. ISBN 509 – 21 - 875.
- [39] HESTER, R. E.; HARRISON, R. M. *Transport and the Environment*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. 142 p. ISBN 0 – 85404 – 295 - 1.
- [40] HORÁK, J.; LINHART, I.; KLUSOŇ, P. *Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004. ISBN 80 – 7080 – 548 - X.
- [41] HYMES, J.; BOYDELL, W.; PRESCOTT, B. *Thermal Radiation: Physiological and Pathological Effects*. Institution of Chemical Engineers. Rugby, 1996. 130 p. ISBN 0 - 85295 - 328 – 3.
- [42] INSTITUT NATIONAL DES SCIENCE ET TECHNIQUES NUCLÉAIRES: *Mosar, Organised and Systematic Method of Risk Analysis*. 1996.
- [43] KALOUSEK, J. *Základy fyzikální chemie, hoření, výbuchu a hašení*. Praha: Edice SPBI Spektrum, 1995.
- [44] KORVER, W. O. E. *Classifying Explosion-Prone Areas for the Petroleum, Chemical and Related Industrie*. New Jersey: William Andrew Publishing/Notes, 1995. 430 p. ISBN 0-8155-1366-6.
- [45] KOTEK, L.; BABINEC, F. *Kvantifikace a prioritizace rizika metodou IAEA-TECDOC-727*. Interaktivní učební text s příklady a podporou pro řešení vlastních příkladů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 30 s.
- [46] KOTEK, L. *Analýza rizik vodíkové technologie*. Brno, 2008. 99 s. Disertační práce na Vysokém učení technickém v Brně na Fakultě strojního inženýrství. Vedoucí disertační práce prof. Ing. František Babinec, CSc.
- [47] KUTZ, M. *Handbook of Environmental Degradation of Material*. New York: William Andrew Publishing, 2005. 598 p. ISBN 0 – 8155 – 1500 - 5.
- [48] LÁSKOVÁ, A. *Písomné pojednávania ku štátnej doktorskej skúške, Príspevok k analýze metód výberu zdrojov rizika závažnej havárie*. Brno: VUT, FSI, 2006. 32 s.
- [49] LEES, F. P. *Loss Prevention in the Process Industries*. Hazard Identification, Assessment and Control. Volume 1-3. London: Butterworth, 1980. ISBN 0 – 7506 – 1547 - 8.
- [50] *Manual - Fire & Explosion Index, Hazard Classification Guide*. 7th ed., New York January 1994.84 p.

-
- [51] *Manual for the classification and prioritization of risk due to major accidents in process and related industries. (IAEA-TECDOC-727)*. 2. nd. printing. Vienna: IAEA, 1993.
- [52] MEWIS, J. J.; PASMAN, H. J.; DE RADEMAKER, E. E. *Loss Prevention in the Process Industrie*. Amsterdam: Elsevier, 1995. ISBN 0 – 444 – 8213 - 8.
- [53] MOORE, J. H.; SPENCER, N. D. *Encyclopedia of Chemical Physics and Physical Chemistry*, Volumes 1 - 3. Philadelphia: Institute of Physics, 200. 2814 p. ISBN 0 -7503 – 0313 -2.
- [54] NAYYAR, Mohinder L. *Piping Handbook*. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2000. 2256 p. ISBN: 0 – 07 – 047106 - 1.
- [55] OREDA: *Offshore Reliability Data*. Trondheim. SINTEF Industrial Management Safety and Reliability, Norway, 2002. 835 p.
- [56] PALEČEK, M.; BUMBA, J.; KELNAR, L.; VILEM, S. *Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií*. Praha: VÚBP, 2000.
- [57] PATOČKA, J. *Obecná toxikologie*. České Budějovice: Zdravotně sociální fakulta, Jihočeská univerzita.
- [58] PERRY, H. J. *Chemical Engineers' Handbook*. New York: Mcgraw – Hill Book Company, 1950.
- [59] RIVKIN, C. H.; ADITOR, P. E. *The NFPA Guide to Gas Safety*. Massachusetts: National Fire Protection Association, 2005. 531 p. ISBN 087765 – 614 – 2.
- [60] ROČEK, J. *Průmyslové armatury*. Praha: Nakladatelství INFORMATORIUM, 2002. 252 s.
- [61] SCOTT, Å.;TYSKLIND, M.; FANGMARK, I *Environment-Accident Index, A planning Tool to Protect the Environment in case of a Chemical Accident*. Sweden: Umea, 2004. ISBN 91: – 7305 – 577 - 8.
- [62] SKELTON, B. *Process Safety Analysis*. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 1997. 213 p. ISBN 0 - 85295 - 378 – X.
- [63] SPEIGHT, J. G. *Handbook of Petroleum Product Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002. 454 p. ISBN 0 – 471 – 20346 – 9.
- [64] Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD).
- [65] WALAS, S. M. *Chemical Process Equipment - Selection and Design*. London: Elsevier, 1990. 755 p. ISBN: 0 – 7506 – 9385 - 1.
- [66] WELLS, G. *Hazard Identification and Risk Assessment*. Wiltshire: Institution of Chemical Engineers, 1996. 302 p. ISBN 0 - 85295 - 353 - 4.
- [67] WELLS, G. *Major Hazard and Their Management*. Wiltshire: Institution of Chemical Engineers, 1997. 305 p. ISBN 0 - 85295 - 368 - 2.
- [68] WOODWARD, John L. *Estimating the Flammable Mass of a Vapour Cloud*. New York: Center for Chemical Process Safety/AIChE, 1998. 296 p. ISBN 0 – 8169 – 0778 - 6.

-
- [69] Selekcce zdrojů rizika závažné havárie metodou výběru podle CPR 18E v objektu SLOVNAFT Bratislava, a.s.
- [70] Selekcce zdrojů rizika závažné havárie metodou výběru podle CPR 18E v objektu Lučební závody Draslovka a.s. Kolín.
- [71] ČSN EN 12805: Části motorových vozidel na LPG – zásobníky.
- [72] Metodický pokyn č. 2 odboru environmentálních rizik pro stanovení zranitelnosti životního prostředí ENVITech03 a postup pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí metodou H&V index. Věstník MŽP č. 3/2003.
- [73] Metodický pokyn č. 4 odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí pro postup při zpracování dokumentu „Analýza a hodnocení rizik závažné havárie“ podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Věstník MŽP č. 3/2007.
- [74] Metodický pokyn č. 5 odboru environmentálních rizik Ministerstva životního prostředí k rozsahu a způsobu zpracování dokumentu „Posouzení vlivu lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“ podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Věstník MŽP č. 3/2007.
- [75] Vyhláška č. 356/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií.
- [76] Vyhláška č. 369/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků.
- [77] Zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 425/1990 Sb., o okresních úřadech, úpravě jejich působnosti a o některých dalších opatřeních s tím souvisejících, ve znění pozdějších předpisů, novelizován zákonem č. 82/2004 Sb.
- [78] Zákon č. 371/2008 Sb., kterým se mění zákon č.365/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [79] Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

AC	Automobilová cisterna
ADR	Cestná preprava nebezpečných vecí (Accord Dangerous Route)
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
CEI	Index chemického ohrozenia (Chemical Exposure Index)
CIRMA	La définition de Commission Interdépartementale pour la gestion des Risques MAjeurs
ČOV	Čistiareň odpadových vôd
DEA-N	Nasýtený dietanolamín
DN	Menovitá svetlosť potrubia
DPG	Difenylguanidin
EAI	Environment-Accident Index
ERPG/EEPG	Hodnoty koncentrácie toxickkej látky (Emergency Response Planning Guidelines/ Emergency Exposure Planning Guidelines)
EU	Európska únia
FEI	Index požiaru a výbuchu (Fire and Explosion Index)
G	Plynná fáza látky (gas)
H&V Index	Index nebezpečenstva a zraniteľnosti (Hazard and Vulnerability Index)
H ₂ O	Voda
H ₂ S	Sírovodík
HAZOP	Hazard and Operability Study
HCN	Kyanovodík
L	Kvapalná fáza látky (liquid)
LC ₁₀₀	Smrteľná koncentrácie, 100 % úmrtnosť (Lethal Concentration, 100% Mortality)
LC ₅₀	Smrteľná koncentrácie, 50 % úmrtnosť (Lethal Concentration, 50% Mortality)
LPG	Skvapalnené uhl'ovodíkové plyny
MF	Materiálový faktor
MŽP	Ministerstvo životného prostredia
N	Látka nebezpečná pre životné prostredie
N _F	Index horľavosti podľa NFPA (NFPA Index – Fire index)
NFPA	National Fire Protection Association
NH ₃	Amoniak
N _R	Zdravotný index podľa NFPA (NFPA Index – Health index)
OP	Odplyn na poľný horák
PFD	Diagramy procesov (Product Function Definition)
PID	Diagramy potrubných rozvodov a prístrojového vybavenia (Piping and Instrumentation Diagram)
PLV	Vykurovací plyn
PT	Potrubná trasa

QRA	Kvantitatívne hodnotenie rizika (Quantitative Risk Analysis)
R - vety	Štandardné vety označujúce špecifickú rizikovosť
RID	Železničná preprava nebezpečných vecí
T	Toxická látka
TNT	Trinitrotoluén
Xi	Dráždivá látka
ZRZH	Zdroj rizika závažnej havárie
ZP	Zemný plyn
ŽC	Železničná cisterna
ŽP	Životné prostredie

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV

A	[-]	indikačné číslo
A ^E	[-]	indikačné číslo pre výbušné látky
A ^F	[-]	indikačné číslo pre horľavé látky
A _m	[t]	skladované/manipulované množstvo nebezpečnej látky
A ^T	[-]	indikačné číslo pre toxické látky
C	[cSt]	viskozita uniknutej látky
C _l	[kg/m ³]	koncentrácia látky
DGS	[-]	hlĺbka hladiny podzemnej vody (Depth to groundwater surface)
DNW	[-]	vzdialenosť k najbližšiemu vodnému toku (Distance to nearest well, lake or watercourse)
G	[kg]	medzné množstvo nebezpečnej látky podľa selektívnej metódy CPR 18E
K*	[-]	koeficient vírivej difusivity
L _f	[m]	dosah plameňa jet fire
LGS	[-]	sklon a smer podzemnej vody (The leaning of the groundwater surface and the flow direction)
LPI	[-]	typ podložia (Choose the lowest point in the interval if the rock beneath the soil is massive)
L _Q	[t]	limitné množstvo podľa zákona „o prevencii závažných havárií“
m	[kg]	množstvo horľavej látky
m _L	[kg]	množstvo horľavého skvapalneného plynu
O ₁ , O ₂ , O ₃	[-]	korekčné faktory selektívnej metódy CPR 18E
p	[Pa, kPa, MPa]	prevádzkový tlak
Q	[kg]	množstvo látky v nezávislej jednotke
q	[kW/m ²]	hustota tepelného toku
Q [*] _m	[kg]	množstvo uniknutej látky
Q _L	[t]	množstvo látky, ktorá unikla z bezpečnostnej jednotky
r	[m]	vzdialenosť od stredu plameňa
R _F	[m]	polomer fireballu
R _p	[m]	dosah odletujúcich fragmentov zásobníku
S	[-]	selektívne číslo
S ^E	[-]	selektívne číslo pre výbušné látky
S ^F	[-]	selektívne číslo pre horľavé látky
Sol	[hm. %]	rozpustnosť vo vode
S ^T	[-]	selektívne číslo pre toxické látky
Sur	[-]	vlastnosti prostredia, fce(DNW, DGS, LGS, LPI)
t	[°C]	prevádzková teplota
T _{bv}	[°C]	teplota normálneho bodu varu
t _i	[s]	doba úniku

Tox	[mg/l]	akútna toxicita LC ₅₀
T _p	[°C]	prevádzková teplota
W _{TNT}	[kg]	ekvivalent TNT tlakovej vlny
x, y, z	[m]	smery rozptylu toxickej látky

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA 1: DETAILNÝ ROZBOR METÓD POUŽÍVANÝCH K IDENTIFIKÁCI ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

PRÍLOHA 2: MEDZNÉ HODNOTY PRE TOXICKÉ LÁTKY PODĽA SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E

PRÍLOHA 3: ZDROJE RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE POTRUBNÝCH SYSTÉMOV

PRÍLOHA 4: PRÍKLADY BEZPEČNOSTNÝCH JEDNOTIEK A STANOVENIE MNOŽSTVA NEBEZPEČNEJ LÁTKY V JEDNOTKE

PRÍLOHA 5: LIMITNÉ MNOŽSTVÁ PRE MENOVITE VYBRANÉ LÁTKY PODĽA ZÁKONA Č. 59/2006 SB. „O PREVENCI ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ“

PRÍLOHA 6: PRÍKLADY PRAVIDIEL PRE POSUDZOVANIE NEBEZPEČNÝCH VLASTNOSTÍ LÁTKO

PRÍLOHY

PRÍLOHA 1 – DETAILNÝ ROZBOR METÓD POUŽÍVANÝCH K IDENTIFIKÁCI ZDROJOV RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE

Tabuľka č. 1 – Porovnanie a zhodnotenie identifikačných metód

Metóda Kritéria	IAEA – TECDOC 727	Index chemického ohrozenia	Index požiaru a výbuchu
Hodnotené nebezpečné vlastnosti chemických látok a prípravkov:	<ul style="list-style-type: none"> – horľavosť – toxicita – výbušnosť 	<ul style="list-style-type: none"> – toxicita ⇒ hodnotí iba jednu nebezpečnú vlastnosť chemických látok 	<ul style="list-style-type: none"> – horľavosť – výbušnosť ⇒ nehodnotí komplexne všetky nebezpečné vlastnosti chemických látok
Parametre, podľa ktorých sú hodnotené nebezpečných vlastností chemických látok a prípravkov:	<ul style="list-style-type: none"> – LC₁₀₀ v zasiahnutej oblasti – mimo zasiahnutej oblasti sa neuvažujú fatálne zranení ⇒ pri identifikácii zdrojov rizika závažnej havárie nehodnotíme počet fatálne zranených, toto sa stanovuje až vo fáze hodnotenia rizika, samotný predpoklad, že v zasiahnutej oblasti je 100% úmrtnosť a mimo zasiahnutej oblasti 0% úmrtnosť nie je stanovený na reálnych skúsenostiach z praxe 	<ul style="list-style-type: none"> – ERPG₁/EEPG₁ – ERPG₂/EEPG₂ – ERPG₃/EEPG₃ ⇒ dané hodnoty sú nastavené, tak aby nedošlo k fatálnemu zraneniu okolitého obyvateľstva, čo nepostihuje reálny únik toxickej látky, pri ktorom koncentrácia toxickej látky býva vysoká, že dochádza k fatálnemu zraneniu obyvateľstva až vo vzdialenosti niekoľkých desiatok metrov od zdroja rizika 	<ul style="list-style-type: none"> – MF = f (N_R a N_F) ⇒ nebezpečnosť látky hodnotí na základe materiálového faktoru, ktorý sa vyjadruje ako funkcia dvoch vlastností látky a to reaktivity a horľavosti
hodnotené množstvo nebezpečnej chemickej látky v zariadení:	<ul style="list-style-type: none"> – hodnotí množstvo látky na základe stanovených intervalov ⇒ nie je definovaná jednotka pre stanovenie skutočného množstva nebezpečnej látky 	<ul style="list-style-type: none"> – podľa výpočtových vzťahov hodnotí množstvo uniknutej látky v plynnej a kvapalnej fáze ⇒ scenáre nezohľadňujú bezpečnostné prvky, ktoré môžu obmedziť dobu úniku 	<ul style="list-style-type: none"> – zohľadňuje množstvo nebezpečnej látky pri stanovení špeciálnych procesných prirážok nebezpečnosti ⇒ nie sú stanovené pravidlá pre tvorbu jednotky a z tohto dôvodu nie je možné objektívne stanoviť množstvo látky, ktorá unikne
Rozptylové podmienky pri toxickom rozptyle:	<ul style="list-style-type: none"> – trieda stability D, rýchlosť vetra 5 m/s a smer vetru a sa neuvažuje ⇒ nehodnotí skutočné poveternostné podmienky v posudzovanej lokalite 	<ul style="list-style-type: none"> – neutrálne poveternostné podmienky a rýchlosť vetra 5 m/s ⇒ nehodnotí skutočné poveternostné podmienky v posudzovanej lokalite 	-

Tabuľka č. 1 – Porovnanie a zhodnotenie identifikačných metód - pokračovanie

Metóda Kritéria	IAEA – TECDOC 727	Index chemického ohrozenia	Index požiaru a výbuchu
Prevádzkové podmienky (prevádzková teplota, tlak):	– nezohľadňuje prevádzkové (p, t) podmienky ⇒ sú identifikované iba vybrané typové scenáre	– zohľadňuje prevádzkové podmienky (p, t) vo výpočtových vzťahoch pri stanovení uniknutého množstva toxickej látky	– zohľadňuje prevádzkové podmienky (p, t) pri stanovení obecných a špeciálnych procesných prirážok nebezpečenstva ⇒ zohľadňuje sa prevádzkový pretlak voči nastaveniu poisťovacích ventilov a vplyv nízkej teploty voči krehkosti uhlíkovej oceli
Zohľadnenie typu procesu alebo zariadenia (manipulácia, skladovanie):	– rozdeľuje zariadenia na fixné a mobilné	– nezohľadňuje či sa jedná o proces skladovania alebo manipulácie	– v špeciálnom procesnom nebezpečenstve zohľadňuje či sa kvapaliny, plyny alebo pevné látky nachádzajú v procese alebo sú skladované
Bezpečnostné prvky zariadení:	– korekčné faktory v sebe zahŕňajú vplyv inštalovaných bezpečnostných systémov ⇒ z korekčných faktorov nie je jasné, aké bezpečnostné prvky sú zohľadnené	– metóda nezohľadňuje bezpečnostné systémy	– v kreditných faktoroch riadenia strát zohľadňuje bezpečnostné systémy (oddeliteľnosť materiálu, požiarne zabezpečenie a riadenie procesu)
Zohľadnenie umiestnenia zariadenia voči hraniciam objektu alebo osídlenej oblasti:	– stanovuje dosah následkov na základe kategórie následkov a tvaru zasiahnutej oblasti ⇒ zo zobrazených tvarov následkov nie je zrejmé o aký typ následkov sa jedná	– stanovuje iba tzv. „nebezpečnú vzdialenosť“ pre dosah účinkov toxickej látky pre koncentrácie ERPG ₋₁ , ERPG ₋₂ , ERPG ₋₃ , ktoré sú nastavené tak, aby nedošlo k fatálnemu zraneniu okolitého obyvateľstva	– stanovuje dosah účinkov požiaru a výbuchu založených na predpoklade, že následky sú v tvare valca, kde polomer sa rovná výške valca ⇒ dosah následkov na takto stanovených predpokladoch neodpovedá skutočnosti, nehodnotí sa vplyv tepelného toku a dolet fragmentov
Aplikačné možnosti metódy:	– jedna aplikácia metódy = zhodnotenie bezpečnosti jedného zariadenia (mobilné alebo fixné) ⇒ nie je definovaná jednotka fixného a mobilného zdroja, definícia závisí na posudzovateľovi	– jedna aplikácia metódy = zhodnotenie bezpečnosti jedného zariadenia, aparátu, potrubného systému (zariadenia, ktoré obsahuje iba toxickú látku)	– jedna aplikácia metódy = zhodnotenie bezpečnosti jednej jednotky podľa definície posudzovateľa (zariadenia, ktoré obsahuje iba horľavú alebo výbušnú látku)

Tabuľka č. 1 – Porovnanie a zhodnotenie identifikačných metód - pokračovanie

Metóda Kritéria	IAEA – TECDOC 727	Index chemického ohrozenia	Index požiaru a výbuchu
Identifikácia zariadení z hľadiska vzniku domino efektov	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska možnosti vzniku domino efektov	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska možnosti vzniku domino efektov	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska možnosti vzniku domino efektov
Identifikácia zariadení z hľadiska environmentálneho rizika:	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska environmentálneho rizika	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska environmentálneho rizika	– metóda nehodnotí zariadenia z hľadiska environmentálneho rizika
Komplexné zhodnotenie nebezpečnosti celého technologického komplexu:	– veľká časová náročnosť z dôvodu, že jedna aplikácia metódy = zhodnotenie bezpečnosti jedného zariadenia, metóda je založená na vzájomnom porovnaní nebezpečnosti zariadení (priorizácia zariadení), nie je presne stanovená definícia jednotky, ktorá sa má hodnotiť	– hodnotí iba zariadenia s toxickou látkou na základe teoretického dosahu	– hodnotí iba zariadenia s horľavou a výbušnou látkou, nehodnotí vplyv tepelného toku a rozlet fragmentov
Účel metódy, za ktorým bola vyvinutá:	– klasifikácia a priorizácia zariadení z hľadiska následkov spoločenského rizika	– typová identifikácia zdrojov rizika	– typová identifikácia zdrojov rizika

PRÍLOHA 2 – MEDZNÉ HODNOTY PRE TOXICKÉ LÁTKY PODĽA SELEKTÍVNEJ METÓDY CPR 18E

Tabuľka č. 2 – Medzné hodnoty pre toxické látky

LC ₅₀ (rat, inh, 1 h) [mg.m ⁻³]	Skupenstvo pri t = 25 °C	Medzné množstvo [kg]
LC ₅₀ < 100	Plyn	3
	Kvapalina (L)	10
	Kvapalina (M)	30
	Kvapalina (H)	100
	Pevná látka	300
100 < LC ₅₀ ≤ 500	Plyn	30
	Kvapalina (L)	100
	Kvapalina (M)	300
	Kvapalina (H)	1000
	Pevná látka	3000
500 < LC ₅₀ ≤ 2000	Plyn	300
	Kvapalina (L)	1000
	Kvapalina (M)	3000
	Kvapalina (H)	10 000
	Pevná látka	∞
2000 < LC ₅₀ ≤ 20 000	Plyn	3000
	Kvapalina (L)	10 000
	Kvapalina (M)	∞
	Kvapalina (H)	∞
	Pevná látka	∞
LC ₅₀ > 20 000	všetky skupenstvá	∞

L - kvapalina má teplotu normálneho bodu varu T_{bv} medzi 25°C a 50°C

M - kvapalina má teplotu normálneho bodu varu T_{bv} medzi 50°C a 100°C

H - kvapalina má teplotu normálneho bodu varu T_{bv} vyššiu ako 100°C

PRÍLOHA 3 – ZDROJE RIZIKA ZÁVAŽNEJ HAVÁRIE POTRUBNÝCH SYSTÉMOV

Tabuľka č. 3 – Zdroje rizika závažnej havárie potrubných systémov

P.č.	Zdroj rizika závažnej havárie	Typ látky	Množstvo látky v jednotke [kg]	O ₁	O ₂	O ₃	G [kg]	A	S _{max}
1.	PT 1 - H ₂ S	T	328	1,0	1,0	10,000	300	10,9333	1,96
2.	PT 12 - H ₂ S	T	289	1,0	1,0	10,000	300	9,6333	5,45
3.	PT 26 - H ₂ S	T	2 340	1,0	1,0	10,000	300	78,0000	13,96
4.	PT 36 - H ₂ S	T	480	1,0	1,0	10,000	300	16,0000	2,35
5.	PT 37 - H ₂ S	T	480	1,0	1,0	10,000	300	16,0000	2,35
6.	PT 33 - H ₂ S	T	3 590	1,0	1,0	10,000	300	119,6667	20,63
7.	PT 30 - H ₂ S	T	200	1,0	1,0	10,000	300	6,6667	1,15
8.	PT 3 - H ₂ S	T	600	1,0	1,0	10,000	300	20,0000	3,45
9.	PT 31 - H ₂ S	T	1 840	1,0	1,0	10,000	300	61,3333	10,57
10.	PT 32 – DEA - N	F	59 850	1,0	1,0	10,000	10 000	59,8500	10,69
11.	PT 25 - H ₂ S	T	345	1,0	1,0	10,000	300	11,5000	1,56
12.	PT 67 - H ₂ S	T	130	1,0	1,0	10,000	300	4,3333	4,33
13.	PT 25 - H ₂ S	T	561	1,0	1,0	10,000	300	18,7000	2,54
14.	PT 80 - H ₂ S	T	352	1,0	1,0	10,000	300	11,7333	2,02
15.	PT 2 - ZP	F	215 900	1,0	1,0	10,000	10 000	215,9000	215,9
16.	PT 11 - H ₂	F	422 710	1,0	1,0	10,000	10 000	422,7100	33,36
17.	PT 11 - LPG	F	10 750	1,0	1,0	10,000	10 000	10,7500	10,75
18.	PT 44 - etylén	F	2 730	1,0	1,0	10,000	10 000	2,7300	2,73
19.	PT 47 - etylén	F	1 820	1,0	1,0	10,000	10 000	1,8200	1,82
20.	PT 20 - PLV	F	17 390	1,0	1,0	10,000	10 000	17,3900	1,37
21.	PT 66 - PLV	F	18 670	1,0	1,0	10,000	10 000	18,6700	1,34
22.	PT 91 - OP	F	5 700	1,0	1,0	10,000	10 000	5,7000	5,7
23.	PT 94 - OP	F	15 910	1,0	1,0	10,000	10 000	15,9100	1,2

PRÍLOHA 4 - PRÍKLADY BEZPEČNOSTNÝCH JEDNOTIEK A STANOVENIE MNOŽSTVA NEBEZPEČNEJ LÁTKY V JEDNOTKE

Tabuľka č. 4 – Skladovacia a prepravná jednotka

Bezpečnostná jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke [t]
Železničná cisterna (železničná vlečka) (90% obj. plnenie, 40 m ³) ($\rho = 1022 \text{ kg/m}^3$)	Anilín (C ₆ H ₇ N)	36,8
Zásobník C (255 m ³) (85% obj. plnenie) ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$)	Acetónkyanhydrin (AKH)	195,075

Tabuľka č. 5 – Príklad bezpečnostnej jednotky, v ktorej sa nachádza viacero druhov nebezpečných látok

Bezpečnostná jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke [t]
Zásobník A (3,2 m ³) (85% obj. plnenie, $\rho = 790 \text{ kg/m}^3$)	Acetón AKH - odplyn	2,15 (L) - Acetón
potrubie DN50, l = 10 m, čerpadlo P (8 m ³ /hod) – 15 min. únik		0,016 (L) - Acetón
potrubie DN50, l = 20 m cirkulačný okruh vypieranie odplynu AKH		1,58 (L) - Acetón
potrubie DN40, l = 25 m ($\rho = 0,9 \text{ kg/m}^3$)		0,031 (L)
acetónové vypieracie kolóny C2, C23		0,02 kg (G) - AKH
potrubie DN40, l = 20 m		1,8 (L) –acetón odhad obsluhy
		0,02 (L) - acetón
	$\Sigma 5,597 \text{ (L) acetón}$ 0,02 kg (G) - AKH	

Tabuľka č. 6 – Príklad bezpečnostnej jednotky, ktorá sa skladá z čerpadiel a potrubných systémov

Bezpečnostná jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke [t]
Potrubie zo zásobníku H2 do zásobníku H3 DN50, l = 200 m čerpadlo 32NHD200 Q = 1,8 m ³ /hod (únik 15 min) ($\rho = 790 \text{ kg/m}^3$)	Acetón	0,31
		0,356
		$\Sigma 0,666$

Tabuľka č. 6 – Príklad bezpečnostnej jednotky, ktorá sa skladá z čerpadiel a potrubných systémov - pokračovanie

Bezpečnostná jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke [t]
Potrubná trasa DN 80, l = 120 z SO-07 do H754 čerpadlo P7 výkon 10 m ³ /hod (3 minútový únik) ($\rho = 1835,5 \text{ kg/m}^3$)	Kyselina sírová H ₂ SO ₄ (96-98%)	1,107 0,5 (3 min. únik) $\Sigma 1,607$

Tabuľka č. 7 – Príklad bezpečnostnej jednotky obsahujúcej nebezpečnú látku rozpustenú v bezpečnom rozpúšťadle

Bezpečnostná jednotka	Látka	Množstvo látky v jednotke [t]
Zásobník D (25 m ³) (85% obj. plnenie, $\rho = 910 \text{ kg/m}^3$) potrubné rozvody DN 50, l = 100	Amoniakálna voda 18%	19,338 0,179 $\Sigma 19,517$ 3,513 (NH ₃)

PRÍLOHA 5 – LIMITNÉ MNOŽSTVÁ PRE MENOVI TE VYBRANÉ LÁTKY PODĽA ZÁKONA Č. 59/2006 SB. „O PREVENCI I ZÁVAŽNÝCH HAVÁRI I“

Tabuľka č. 8 – Limitné množstvá pre menovite vybrané nebezpečné látky

Menovite vybrané nebezpečné látky:	Skupina A	Skupina B
Dusičnan amónny (viď poznámku 1)	5 000	10 000
Dusičnan amónny (viď poznámku 2)	1 250	5 000
Dusičnan amónny (viď poznámku 3)	350	2 500
Dusičnan amónny (viď poznámku 4)	10	50
Dusičnan draselný (viď poznámku 5)	5 000	10 000
Dusičnan draselný (viď poznámku 6)	1 250	5 000
Oxid arzeničný, kyselina arzeničná alebo jej soli	1	2
Oxid arzenitý, kyselina arzenitá alebo jej soli		0,1
Bróm	20	100
Chlór	10	25
Zlúčeniny niklu vo forme inhalovateľného prášku (oxid nikelnatý, oxid nikličitý, sulfid nikelnatý, disulfid tríniklu, oxid niklitý)		1
Ethylenimin	10	20
Fluór	10	20
Formaldehyd (koncentrácia ≥ 90%)	5	50
Vodík	5	50
Chlorovodík (skvapalnený)	25	250
Alkyly olova	5	50
Skvapalnené extrémne horľavé plyny (vrátane LPG) a zemný plyn	50	200
Acetylén	5	50
Ethylenoxid	5	50
Propylenoxid	5	50
Methanol	500	5 000
4,4-Methylenbis(2-chloranilin) alebo soli vo forme prášku		0,01
Methyl-isokyanát		0,15
Kyslík	200	2 000
Toluen-diisokyanát	10	100
Karbonyl dichlorid (fosgen)	0,3	0,75
Arzenovodík (arsin)	0,2	1
Fosforovodík (fosfin)	0,2	1
Chlorid sírnatý		1
Oxid sírový	15	75
Ropné produkty:		
(a) automobilové a iné benzíny		
(b) petroleje (vrátane paliva pre tryskové motory)	2 500	25 000
(c) plynové oleje (zahrňujúci motorové nafty, vykurovacie oleje pre domácnosti a iné zmesi plynových olejov)		
Polychlorované dibenzofurany a polychlorované dibenzodioxiny (vrátane TCDD), počítané ako TCDD ekvivalent (viď poznámku 7)		0,001
Tieto KARCINOGENY v koncentráciách väčších ako 5 % hmotnostných : 4-aminobifenyl alebo jeho soli, benzotrichlorid, benzidin alebo jeho soli, bis(chlormethyl) ether, chlormethyl methyl ether, 1,2-dibromethan, diethyl sulfát, dimethyl sulfát, dimethylkarbamoyl chlorid, 1,2-dibrom-3-chlorpropan, 1,2-dimethyl hydrazin, dimethyl nitrosoamin, hexamethylfosfotriamid, hydrazin, 2-naftylamin alebo jeho soli, 4-nitrodifenyl a 1,3 propansulton	0,5	2

Poznámka 1

Dusičnan amónny (5 000/10 000) - hnojivá schopné samovoľného rozkladu.

Poznámka 2

Dusičnan amónny (1 250/5 000) - kvalita pre hnojivá.

Poznámka 3

Dusičnan amónny (350/2 500) – priemyselná kvalita.

Poznámka 4

Dusičnan amónny (10/50) - materiál nevyhovujúci požadovanej špecifikácii a hnojivá, ktoré nespĺňujú požiadavky detonačnej skúšky.

Poznámka 5

Dusičnan draselný (5 000/10 000) - zmesové hnojivá na báze dusičnanu draselného s dusičnanom draselným vo forme granulí alebo mikrogranulí.

Poznámka 6

Dusičnan draselný (1 250/5 000) – zmesové hnojivá na báze dusičnanu draselného s dusičnanom draselným v kryštalickej forme.

Poznámka 7

Polychlorované dibenzofurany (CDF) a polychlorované dibenzodioxíny (CDD).

PRÍLOHA 6 - PRÍKLADY PRAVIDIEL PRE POSUDZOVANIE NEBEZPEČNÝCH VLASTNOSTÍ LÁTOK

Praktické príklady jednotlivých pravidiel:

a) Látka s viacerými nebezpečnými vlastnosťami

Tabuľka č. 9 – Príklad jednotky, v ktorej sa nachádza látka s viacerými nebezpečnými vlastnosťami

Valcový zásobník:	90 t amoniaku	
Klasifikácia:	R 10, R 23, R50	
Nebezpečná vlastnosť	Limitné množstvo skupiny A	
Horľavý R 10	5 000 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Toxický R 23	50 t	jedná sa o zdroj rizika závažnej havárie
Nebezpečný pre životné prostredie R 50	100 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Posudzovaná látka v bezpečnostnej jednotke jednou svojou nebezpečnou vlastnosťou (toxicitou) prekročila limitné množstvo zákona o prevencii závažných havárií skupiny A a v tomto prípade sa musí valcový zásobník hodnotiť ako zdroj rizika závažnej havárie.		

b) Menovite vybraná látka

Tabuľka č. 10 – Príklad jednotky, v ktorej sa nachádza menovite vybraná látka

Zásobník:	100 t methanolu	
Klasifikácia:	R 11, R 23/24/25, R 39/23/24/25	
Vybraná látka	Limitné množstvo skupiny A	
Methanol	500 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Nebezpečná vlastnosť	Limitné množstvo skupiny A	
Vysoko horľavý R 11	5 000 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Toxický R 23/24/25	50 t	jedná sa o zdroj rizika závažnej havárie
Pokiaľ by sme methanol hodnotili na základe jeho nebezpečných vlastností, svojou toxicitou by presiahol limitné množstvo a jednalo by sa o zdroj rizika závažnej havárie. Pretože sa jedná o vybranú látku, kde na základe praktických skúseností bolo stanovené limitné množstvo zákona o prevencii závažných havárií pre bezpečnú prevádzku, nejedná sa o zdroj rizika závažnej havárie.		

c) Bezpečnostná jednotka s viacerými nebezpečnými látkami

Tabuľka č. 11– Príklad jednotky, v ktorej sa nachádza viacero nebezpečných látok

Zmiešavací kotol		5,3 t – kyanovodík 1,755 t - formaldehyd 37% 0,300 t- kyselina sírová 94%
Klasifikácia: Kyanovodík Formaldehyd 37% Kyselina sírová 94%		R 12, R 26, R 50-53 R 23/24/25 – 34 -40 -43 R 34
Nebezpečná vlastnosť	Limitné množstvo skupiny A	
Kyanovodík – vysoko toxický R 26	5 t	jedná sa o zdroj rizika závažnej havárie
Kyanovodík – extrémne horľavý R 12	10 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Kyanovodík – nebezpečný pre životné prostredie R 50/53	100 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Formaldehyd 37% - toxický R 23/24/25	50 t	nie je zdroj rizika závažnej havárie
Kyselina sírová 94% - nemá nebezpečné vlastnosti z hľadiska následkov spoločenského rizika	-	nehodnotí sa
Zmiešavací kotol sa musí hodnotiť ako zdroj rizika závažnej havárie z hľadiska možného úniku kyanovodíku, ktorý svojou nebezpečnou vlastnosťou (vysoko toxický) prekročil limitné množstvo skupiny A.		