

**Vysoká škola regionálního rozvoje a Bankovní institut - AMBIS**

**Bezpečnostní management v regionech**

**Hodnocení technologických rizik ve městě Brně**

**Bakalářská práce**

**Autor: Radek Vybíral**

Bezpečnostní management v regionech

**Vedoucí práce:** Ing. Magdaléna Náplavová, Ph.D.

**Brno**

**2020**

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a v seznamu uvedl veškerou použitou literaturu.

Svým podpisem stvrzuji, že odevzdaná elektronická podoba práce je identická s její tištěnou verzí, a jsem seznámen se skutečností, že se práce bude archivovat v knihovně VŠ AMBIS a dále bude zpřístupněna třetím osobám prostřednictvím interní databáze elektronických vysokoškolských prací.

V Brně, dne 30.4.2019

Radek Vybíral

## **Poděkování**

Děkuji mé vedoucí bakalářské práce Ing. Magdaléně Náplavové, Ph.D. za cenné rady a metodické vedení, které mi poskytla v průběhu zpracování mojí práce.

# OFICIÁLNÍ ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE



VYSOKÁ ŠKOLA REGIONÁLNÍHO ROZVOJE A BANKOVNÍ INSTITUT – AMBIS

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Akademický rok: 2018/2019

**Student:** Radek Vybíral

**UČO:** 26405

**Program:** Bezpečnostní management v regionech

**Studijní obor:** Bezpečnostní management v regionech

**Téma:** Hodnocení technologických rizik ve městě Brně

**Topic:** Technology risk evaluation in Brno

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Magdaléna Náplavová, Ph.D.

**Cíl práce:** Cílem bakalářské práce je na základě kvantitativní metody analýzy rizik vyhodnotit vybraná technologická rizika ve městě Brně.

V bakalářské práci budou využity vědecko-výzkumné metody a dále kvantitativní metoda hodnocení rizik IAEA TECDOC 727.

Možná osnova práce:

Úvod

1 Analýza současného stavu

2 Metody a omezení práce

3 Výsledky a diskuze

Závěr

Použitá literatura

**Základní prameny a odborná literatura:**

(1) Metodika IAEA-TECDOC-727

(2) Zákon č. 224/2015 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi

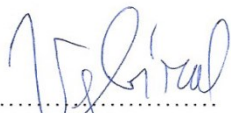
(3) Portál [www.krizport.cz](http://www.krizport.cz)


(4) BARTLOVÁ, Ivana. Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků. 2. rozšířené vydání. 2012. ISBN 978-80-7385-112-5.

(5) BARTLOVÁ, Ivana. Nebezpečné látky I. ISBN 86-86634-59-0.

(6) ŠENOVSKÝ, Michail. Nebezpečné látky II. 2007. ISBN 978-80-7385-000-5.

Souhlasím se zadáním (podpis, datum):

  
.....  
Radek Vybíral  
student

  
.....  
Ing. Magdaléna Náplavová, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

# ANOTACE A KLÍČOVÁ SLOVA

## **Anotace:**

Bakalářská práce se věnuje hodnocením technologických rizik ve městě Brně. Práce obsahuje teoretickou část a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na definici a přehled základních pojmosloví týkajících se ohrožení lidí, životů a majetku. Dále popisuje chemická rizika a nebezpečné látky jako chlór a benzín. V praktické části jsou vymezena zařízení, které uchovávají zmíněné látky. Pomocí metody IAEA – Tec-Doc 727 jsou posouzeny dopady a odhadnuty možnosti vzniku možné havárie, která by se na daném území mohla realizovat.

## **Klíčová slova CZ:**

rizika, infrastruktura, chemické látky, chlór, benzín, zařízení, hrozba, havárie

## **Annotation:**

The bachelor thesis deals with evaluation technological risks in Brno. This thesis includes theoretical part and practical part. Theoretical part is focused on basic definitions and basic terminology like life, property and people threats. Also includes chemical risks and dangerous substances like chlorine and benzine. The practical part describes two facilities which keeps dangerously chemical substances, chlorine and styrene. Method IAEA – Tec-Doc explores and measures frequency of possible accident.

## **Keywords:**

risks, infrastructure, chemical substances, chlorine, benzine, facility, threat,

# OBSAH

OFICIÁLNÍ ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	4
ÚVOD .....	6
1 Analýza současného stavu .....	8
1.1 Mimořádná událost.....	8
1.1.1 Definování pojmů spojených se vznikem MU .....	10
1.2 Krizové řízení.....	11
1.3 Ochrana obyvatelstva .....	12
1.4 Integrovaný záchranný systém ČR.....	13
1.5 Evakuace .....	14
1.6 Kritická infrastruktura .....	16
1.7 Koncepce ochrany obyvatelstva.....	17
1.8 Bezpečnostní strategie ČR .....	19
1.9 Nouzové přežití .....	20
1.9.1 Nouzové ubytování.....	20
1.9.2 Nouzové zásobování potravinami.....	21
1.9.3 Nouzové zásobování pitnou vodou.....	22
1.9.4 Nouzové dodávky energií.....	22
1.9.5 Nouzové základní služby obyvatelstvu .....	23
2 Nebezpečné látky.....	24
2.1 Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem nebezpečných chemických látek .....	24
2.2 Dekontaminace.....	28
<i>Obr. č. 3: Terminologie dekontaminace.....</i>	<i>30</i>
2.3 Chemická rizika.....	30
2.4 Chlór.....	31
2.4.1 První pomoc.....	32
2.4.2 Použití chlóru.....	33
2.5 Benzín – bezolovnatý .....	34
2.5.1 První pomoc.....	36
3 Použité metody v práci .....	38
3.1 Metoda TEC DOC 727.....	38

4	výsledky a diskuze.....	42
4.1	Areál Kraví Hora v Brně .....	42
4.1.1	Vnitřní areál .....	42
4.1.2	Vnější areál .....	43
4.2	Stadion Lužánky.....	44
4.3	Vyhodnocení nebezpečí a posouzení rizika u jednotlivých zařízení.....	46
4.4	Doporučení .....	52
	ZÁVĚR.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH zdrojů .....	56
	SEZNAM ZKRATEK.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH .....	60

# ÚVOD

Žijeme v době, kdy musíme být všichni připraveni na mimořádné události a krizové situace s nimi spojené. Bohužel v povědomí lidí je tato problematika velmi často na nízké úrovni a je velmi často podceňovaná. Tyto události se nacházejí všude kolem nás a lidé si to často ani neuvědomují. Mimořádná událost ve většině případů přichází zcela nečekaně a s nepříznivými následky. Mohou mít přírodní charakter, charakter průmyslové havárie, nebo i další. Lidé by měli být připraveni na mimořádné události, měli by mít znalosti a dovednosti, které by jim pomohly překonat tyto nepříznivé chvíle. Musí se vyrovnat s negativními obavami v podobě strachu a paniky a soustředit se na záchranu zdraví, majetku a života. Připravenost je v dnešní době velmi důležitá, protože připraveného jedince, či celou rodinu, nemůže mimořádná událost, nebo krizová situace zaskočit a mají větší šance na přežití než nepřipravení lidé. Tito lidé, kteří jsou připraveni a disponují znalostmi o přežití při působení nepříznivé události, mohou v případě potřeby pomoci lidem ve své blízkosti, ať už se jedná o sousedy, přátele, nebo své blízké.

Všechny nepříznivé události samozřejmě nemá na starosti Matka příroda. Člověk je tvor, který dělá chyby, a proto se může mimořádná událost, nebo krizová situace uskutečnit právě lidskou chybou. Nejvíce zmíněných nebezpečných událostí vznikají v oblasti jaderné problematiky, nebezpečných chemických látek, nebo biologických látek. Po celé České republice se nachází hodně míst, kde se nachází a skladují nebezpečné látky. Tato práce je zaměřená právě na manipulaci a používání nebezpečných chemických látek. Většina havárií v této oblasti se týká úniku nebezpečných látek do okolí, nebo poškození zařízení, které látku skladují. Všechny tyto nepříznivé situace ohrožují nejen samotnou skladní jednotku a její zaměstnance, ale také okolní prostředí a lidi, kteří žijí v okolí. Všichni, kdo žijí v okolí, by měli mít povědomí o těchto zařízeních a znát postup, jak se v dané situaci zachovat. Týká se to hlavně místa úkrytu, nebo místa shromáždění pro případnou evakuaci. Musejí znát případné komunikace, když se vyhláší mimořádné stavy (rádio, televize) a kontakty, které vedou na osoby, kteří tyto události řeší. Naštěstí pro nás žijeme v poměrně moderní době, takže způsobů, jak se dozvědět o mimořádné události je spousta. Všude kolem nás se točí velké množství médií a sociálních sítí, takže se o blížícím se nebezpečí dozvíme poměrně brzo. Když je obyvatelstvo varováno včas, zvyšuje se jeho šance na přežití, nebo zvládnutí nepříznivých událostí. Ovšem to může znamenat, že se obyvatelstvo díky těmto vymoženostem stane zcela závislým na této technice a nebude znát základní principy chování během mimořádné události, nebo krizové situace. Bakalářská práce se

skládá ze dvou částí, teoretickou a praktickou. Teoretická část je orientována na definice a přehled základní pojmosloví týkajících se ohrožení lidí, životů a majetku. Jsou zde také probrány základy pojmy ochrany obyvatelstva a pojmy s nimi spojené. Dále jsou zde probrány a definovány rizika spojené s nebezpečnými látkami. V práci jsou definovány a popsány dvě nebezpečné látky, chlór a benzín. Praktická část popisuje zařízení, které skladují výše zmíněné nebezpečné látky a jsou zde odhadnuty následky a pravděpodobnosti vzniku možné havárie. Pro odhad těchto následků byla aplikována metoda IAEA – TEC – DOC 727.

**Cílem této práce je na základě kvantitativní metody analýzy rizik IAEA – TEC – DOC 727 vyhodnotit vybraná technologická rizika ve městě Brně.**

# 1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

## 1.1 Mimořádná událost

Zákon č. 239/2000 Sb. o IZS definuje mimořádnou událost (dále jen MU) jako: „škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací“ (HZS-GŘ, 2015).

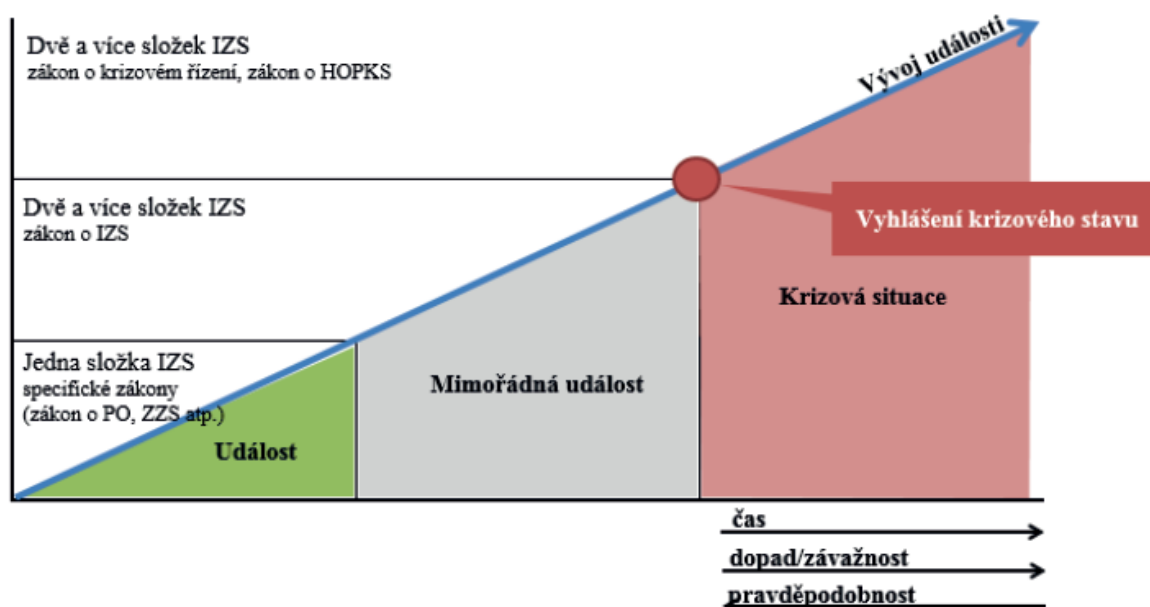
Na základě závažnosti se MU rozděluje do 4 stupňů. V prvním a druhém stupni poplachu se ani nezpracovává plánovací dokumentace. Jedná se o problémy, které jsou řešeny jako běžné činnosti složek IZS. Při vyhlášení třetího, někdy známého jako zvláštního stupně poplachu se zpracovává Havarijní plán kraje (dále jen HPK). Zvláštní stupeň poplachu, který si nárokuje koordinaci na strategické úrovni. V závislosti na rozsahu MU může situace vést až ke vzniku Krizové situace (dále jen KS) (HZS-GŘ, 2015).

Na ústřední úrovni je zpracován Ústřední poplachový plán IZS, který napomáhá k ústřední koordinaci Záchranných a likvidačních prací (dále jen ZaLP). Plán obsahuje spojení na základní a ostatní složky IZS, přehled SaP ostatních složek, včetně přehledu pro potřeby ZaLP na základě smluvních vztahů s PaPFO. Dále obsahuje způsob povolávání a vyzoomování vedoucích složek a členů krizových štábů PaPFO zahrnutých HPK nebo Vnějšího havarijního plánu. Poplachový plán IZS kraje je k dispozici na OPIS IZS a použije se, je-li vyžadována pomoc dle zákona o IZS a pokud koordinaci ZaLP provádí velitel zásahu nebo starosta ORP (HZS-GŘ, 2015).

Může nastat situace, že MU způsobí vyhlášení KS. V tomto případě starosta obce musí zajistit krizová opatření v rámci území ORP. Pokud je potřeba vydává nařízení obce, které nabývá účinnosti vyvěšením na úřední desce. Další možnosti zveřejnění nařízení jsou buď média, nebo místní rozhlas. V případě hrozby vzniku MU obecní úřad zajišťuje převážně: varování a poskytnutí tísňových informací, evakuaci obyvatel obce, nouzové přežití, ukrytí a zajištění a označení nebezpečných oblastí (Zpěvák a spol., 2014).

Typy nebezpečí, které jsou spojené se vznikem MU, můžeme rozdělit do dvou kategorií, a to na naturogenní a antropogenní. Naturogenní jsou hrozby, které jsou přírodního charakteru a vytvářejí se samy od sebe. Tento typ hrozeb můžeme dále rozdělit na **abiotické**, kam patří např. dlouhodobé sucho, extrémní teploty, přívalové povodně,

srážky, povodně, extrémní vítr a na **biotické** kam můžeme zařadit epidemii, epifytii a nebo epizootii. Opakem naturogenních hrozeb jsou hrozby antropogenní. Hrozby tohoto typu nijak nesouvisí se samovolným startem, ale za příčinou vzniku těchto hrozeb stojí člověk. Antropogenní hrozby můžeme také rozdělit do několik kategorií a to na technogenní, kam můžeme zařadit narušení dodávek potravin pro obyvatele, dále narušení funkčnosti významných elektronických komunikací, narušení bezpečnosti informací KI, únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení, zvláštní povodeň, narušení dodávek pitné vody, plynu, ropy a elektrické energie velkého rozsahu a radiační havárie. Další kategorie, která se nachází v sekci antropogenních hrozen je sociogenní, kam patří hlavně migrační vlny velkého rozsahu a narušování zákonitosti velkého rozsahu (včetně terorismu). Poslední kategorií jsou ekonomické hrozby, kam patří narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu. Zatím bylo celkem rozpoznáno 72 typů různých nebezpečí, z toho 22 je označeno jako nebezpečí s nepřijatelným rizikem (výše uvedené). Jedná se o situace, se kterými už má ČR jisté zkušenosti a u nichž je potřeba plánování opatření k jejich eliminaci. U těchto 22 typů nebezpečí lze očekávat vznik KS. Kvůli těmto případům je nutné přijímat opatření vedoucí k odstranění jejich rizik a průběžně vypracovávat nové typové plány, které vymění ty nastávající. Na následujícím obrázku jsou uvedeny události, které popisují vývoj MU až po KS (HZS-GŘ, 2015).



Obrázek č. 1: Vývoj událostí přes MU až ke K

### 1.1.1 Definování pojmů spojených se vznikem MU

Následující pojmy jsou uplatňovány i v řadě dalších oblastí, nejen v již výše zmíněné problematice.

**Riziko** je možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Je vždy spojeno s konkrétním typem nebezpečí.

**Nebezpečí** nebo také **Hrozba** je kterýkoliv fenomén, který může poškodit chráněné zájmy a který může mít za následek zranění na životě, ztrátu majetku, ztrátu živobytí a služeb, nebo škody na životním prostředí.

**Následek** můžeme popsat jako události působící na určité jednotky. Jedna událost může vést k celé řadě následků a ve většině případů se zápornými účinky. Následky můžeme vyjádřit buď kvalitativně nebo kvantitativně.

**Zranitelnost** můžeme chápat jako vnímavost území na dopady MU. Je to schopnost území reagovat negativně na účinek nežádoucího jevu. Jedná se o vlastnost území.

**Odolnost** je vlastnost systému, společenství nebo společnosti, které jsou podrobeny nebezpečí, odolávat, pohlcovat a zotavit se z následků nebezpečí, a to v časově přívětivé době a rychlým způsobem (HZS-GŘ, 2015).

## 1.2 Krizové řízení

Hlavním právním předpisem, o který se opírá Krizové řízení (dále jen KŘ) je zákon č. 240/2000 Sb. o Krizovém řízení. Obecně lze termín definovat jak proces, ve kterém je prováděna koordinace činnosti skupiny pracovníků nebo jednotlivců s využitím souboru činností a metod k dosahování cílů a zvládnání různých specifických činností a funkcí managementu (Zpěvák a spol., 2014).

MU může v některých případech nabýt takového rozměru, že běžná činnost správních úřadů, orgánů obcí a krajů, subjektů kritické infrastruktury, nebo složek IZS nevede k zažehnutí vzniklého nebezpečí.

KS je tedy MU při které se vyhláší stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav (HZS-GŘ, 2015).

Hlavními kritérii, podle kterých bude určen druh krizového stavu, jsou typ mimořádné události, velikost poškození a rozsah postihnutého území. Vzniklou KS s použitím opatření řeší krizový zákon. Krizové stavy máme 4 a dělíme je na:

- a) **Stav nebezpečí** – vyhláší hejtman pro území kraje nebo část kraje a to jako opatření, jsou-li ohroženy životy, zdraví, majetek, pokud nedosahuje intenzita ohrožení značného rozsahu a není možné tuto skutečnost odvrátit běžnou lidskou činností, činností správních úřadů, orgánů krajů a obcí, složek IZS nebo subjektů KI. Doba trvání je omezena na 30 dnů.
- b) **Nouzový stav** – stav vyhláší vláda ČR pro celý stát nebo na vymezené území v případě živelných nehod, ekologických nebo jiných havárií, nebo jiného nebezpečí, které v jistém rozsahu ohrožují životy, zdraví, majetek atd. Doba trvání je stejná jako u stavu nebezpečí, tedy 30 dnů.
- c) **Stav ohrožení státu** – vyhlášení má na starosti Parlament ČR na návrh vlády pro celý stát nebo omezené území a to v případě, kdy je ohrožena svrchovanost nebo územní celistvost státu anebo jeho demokratické základy. Doba trvání tohoto stavu není vymezena.
- d) **Válečný stav** – stejně jako předchozí stav má vyhlášení na starosti Parlament ČR a platí pro celý stát. Vyhláší se v případě napadení ČR, nebo je-li třeba plnit mezinárodní smluvní závazky o společné obraně proti napadení. Doba trvání není nijak omezena (HZS-GŘ, 2015).

Součástí této problematiky jsou také Typové plány, ty se označují jako dokumenty, které pro jednotlivé druhy Krizových situací určí doporučené postupy, zásady a opatření pro jejich řešení. Tyto plány zpracovávají jednotlivá ministerstva a další ústřední správní úřady na možné typy KS. Díky neustále rostoucímu počtu MU a jejich závažnosti vyplynula potřeba uskutečnit novou analýzu nebezpečí pro ČR. Koncept byl pojmenován *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030*. Za zpracování bylo odpovědné MV ve spolupráci s dotyčnými ministerstvy a jinými správními úřady. Výsledkem první části úkolu je definování nových typů KS. Po schválení bude následovat další fáze a to přepracování stávajících typových plánů (HZS-GŘ, 2015).

### 1.3 Ochrana obyvatelstva

S pojmem ochrana obyvatelstva je úzce spjata také civilní obrana. Ta je definována jako komplex činností a postupů věcně příslušných orgánů, organizací a složek s cílem minimalizace negativních dopadů eventuálních mimořádných událostí a krizových situací. V případě válečného stavu se civilní obrana stává součástí obrany státu a zabezpečuje výkon humanitárních úkolů. (HZS-GŘ, 2015)

V roce 2000 byly sepsány nové právní normy, které definují ochranu obyvatelstva. Dle zákona o IZS se za plnění těchto povinností považuje hlavně evakuace, varování, nouzové přežití a ukrytí obyvatelstva (HZS-GŘ, 2015).

Civilní obrana je podle HZS-GŘ definována jako: *„plnění některých nebo všech zde uvedených humanitárních úkolů, jejichž cílem je chránit civilní obyvatelstvo před nebezpečím, pomoci mu odstranit bezprostřední účinky nepřátelských akcí nebo pohrom a také vytvořit nezbytné podmínky pro jeho přežití“*

Ochrana obyvatelstva je široké portfolium disciplín, které není brát jako plnění úkolů civilní obrany. Je to soubor činností a úkolů VS, PaPFO a občanů a jejich plnění vede k zabezpečení ochrany života, životního prostředí a majetku a musí být v souladu s platnými předpisy (HZS-GŘ, 2015).

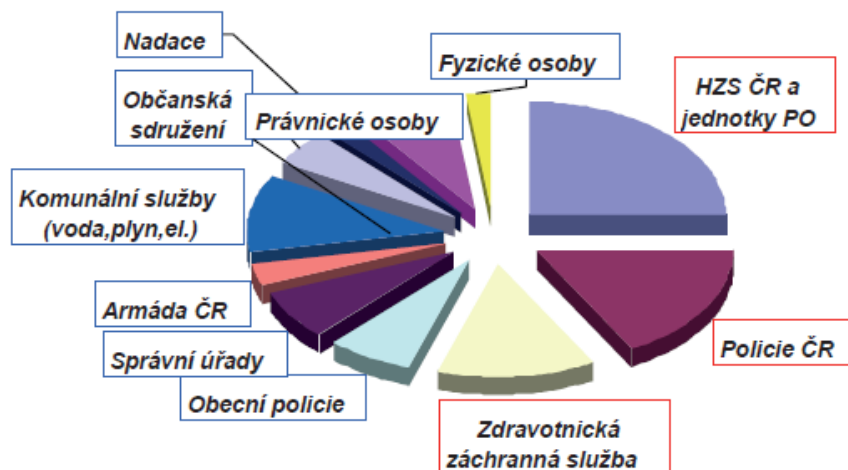
## 1.4 Integrovaný záchranný systém ČR

IZS definuje zákon č. 239/2000 Sb. jako systém, který je určen pro koordinaci záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech včetně havárií a živelných pohrom. Je jím naplňováno ústavní právo občana na pomoc při ohrožení zdraví nebo života (IZS a PO, 2010).

Systém vznikl z potřeby každodenní činnosti záchranářů, hlavně pak při složitých haváriích, nehodách a živelných pohromách, kdy je potřeba organizovat společnou činnost všech, kdo mohou svými silami a prostředky pomoci k provedení buď záchrany osob a majetku, nebo zvířat a životního prostředí. IZS se nedá považovat za instituci, úřad, sbor ani sdružení. Je to skutečně pouze systém práce a spolupráce s modelovými postupy součinnosti a je součástí systému pro zajištění vnitřní bezpečnosti státu. Především se jedná o smluvní ujednání podle předpisy stanovenými pravidly (IZS a PO, 2010).

Záchrannými pracemi se rozumí činnosti k zabránění nebo omezení bezprostředního vlivu rizika, které vzniklo při MU, zejména ve vztahu k ohrožení života, majetku a zdraví. Likvidační práce jsou na druhou stranu činnosti k odstranění následků způsobených MU. Rozdíl mezi těmito dvěma činnostmi je velmi malý a někdy až nerozpoznatelný. Jediný velký rozdíl spočívá ve slově „bezprostředně“. Potřebné záchranné práce a likvidační práce je nutné provést vždy, avšak likvidační lze „odložit“ nejpozději do doby ukončení časově prioritní záchrany (IZS a PO, 2010).

Základními složkami IZS jsou podle § 4 zákona o IZS Hasičský záchranný sbor ČR a jednotky požární ochrany, dále Policie ČR a zdravotnická záchranná služba ČR. Tyto složky jsou schopny rychle a nepřetržitě zasahovat, mají celoplošnou působnost na území celého státu a obsluhují telefonní linku tísňového volání. IZS samozřejmě tvoří jen výše zmíněné složky, je jich zhruba 11 a všechny jsou zobrazeny na následujícím grafu i se svým podílem na záchranných a likvidačních pracích. Na obrázku je uveden koláčovitý graf podílnosti jednotlivých složek na IZS (IZS a PO, 2010).



Obr. č. 2: Složky IZS

Jak je z grafu patrné tak součástí IZS jsou vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil (Armáda ČR), dále ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory (městská policie), ostatní záchranné sbory (Báňská záchranná služba), orgány pro ochranu zdraví (hygienická stanice), potom také havarijní, pohotovostní a odborné služby (např. komunální služby) a zařízení civilní ochrany. Nesmíme zde opomenout ani neziskové organizace a sdružení občanů, která se zabývají záchrannými pracemi (IZS a PO, 2010).

Aby takový systém mohl společně a efektivně fungovat, musí se řídit přesnými pokyny, které dostávají od tzv. OPIS. Jsou to operační a informační střediska IZS, hlavně pak HZS kraje a operační a informační středisko GŘ HZS ČR. OPIS IZS jsou povinna přijímat a vyhodnocovat informace o MU, dále umožňovat organizaci plnění úkolů ukládaných velitelem zásahu (HZS-GŘ, 2015).

OPIS IZS mají různá oprávnění, mezi které patří např. vyzývat a nasazovat síly a prostředky HZS ČR a jednotek požární ochrany, složek IZS nebo podle potřeby velitele zásahu. Při tom dbají, aby předložené požadavky nebyly v nesouladu s rozhodnutím příslušného funkcionáře HZS ČR, hejtmana nebo jiných. Mohou také vyžadovat a organizovat osobní nebo věcnou pomoc podle nároku velitele zásahu (HZS-GŘ, 2015).

## 1.5 Evakuace

Evakuace představuje nejúčinnější opatření na ochranu obyvatel na území ohroženém MU nebo Krizovou situací. Aktuální je zejména v případě povodní, radiačních havárií, při úniku nebezpečných látek, narušení statiky domu a při hrozbě možného

ozbrojeného konfliktu. Evakuaci můžeme popsat jako přesunutí osob, předmětů kulturní hodnoty, zvířat, strojů technického zařízení, nebo materiálu. Evakuace se provádí do míst, kde je pro obyvatelstvo zajištěno rezervní ubytování a stravování, pro zvířata pak ustájení a pro věci prostory k uskladnění. Místo, které je ohroženo MU se plánuje opustit do 48 hodin, u větší sídelní nebo průmyslové aglomerace do 72 hodin po vyhlášení evakuace (Zeman, Mika, 2007).

Evakuaci můžeme rozdělit hned z několika hledisek a to podle rozsahu opatření, doby trvání, varianty ohrožení a způsobu realizace.

### **A. Rozsahu opatření**

Podle rozsahu opatření můžeme evakuaci rozdělit na objektovou, která zahrnuje buď jednu, nebo hned několik obytných nebo správních budov, technologických provozů a jiných objektů, nebo na plošnou evakuaci, která zahrnuje část, celý komplex nebo větší územní prostor. Plošná evakuace může být buď všeobecná (živelné pohromy, průmyslové havárie atd.), nebo částečná (při MU menšího rozsahu např. při požáru, úniku nebezpečné látky nebo narušení statiky budovy).

### **B. Doby trvání**

Podle tohoto hlediska evakuaci dělíme na krátkodobou, kdy vzniklá MU nebo KS není potřeba dlouhodobé opuštění domova a pro vystěhované osoby není zajištěno náhradní ubytování ale pouze zajištění nouzového přežití. Druhá možnost je dlouhodobá evakuace. Při této možnosti MU nebo KS vyžaduje dlouhodobý pobyt mimo trvalé místo pobytu (zpravidla déle než 24 hodin). Pro evakuované osoby je zabezpečeno náhradní ubytování a opatření k zabezpečení nouzového přežití.

### **C. Varianty ohrožení**

Tady evakuaci dělíme na přímou tzv. prováděnou bez předchozího ukrytí (např. při živelných pohromách) a na evakuaci po předchozím ukrytí po snížení prvotního ohrožení (např. při radiační havárii po snížení nebezpečí ozáření nad přípustnou normu).

### **D. Způsobu realizace**

Podle způsobu realizace dělíme evakuaci na samovolnou, kdy samotná evakuace není řízena bezpečnostními složkami ale obyvatelstvo se po varování a vydání tísňových pokynů evakuuje samo způsobem podle vlastního uvážení. Další možnost je řízená evakuace, kdy provedení řídí zodpovědné orgány. Evakuované osoby se přemísťují buď pěšky, nebo s využitím vlastních dopravních prostředků. K dispozici jsou také prostředky hromadné dopravy (Zeman, Mika, 2007).

Jako součást evakuace by měla každá osoba mít při sobě evakuační zavazadlo. Doporučená váha zavazadla činí pro dospělé osoby do 25 kg, pro děti je to do 10 kg. Každé evakuační zavazadlo by mělo obsahovat věci potřebné k přežití. Jedná se o osobní doklady, peníze, drobné cennosti, potřebné léky a zdravotní pomůcky. Dále jídlo a jídelní potřeby, základní příjem tekutin, oblečení a potřeby na spaní, toaletní a hygienické potřeby, telefon, rádio, osvětlení, baterku, zapalovač, nebo sirky, popřípadě nějaké hry (Zeman, Mika, 2007).

Aby byla evakuace úspěšná, potřebuje orgány, které budou celou evakuaci řídit. Tyto orgány představují pracovní skupiny krizových štábů, evakuační a přijímací střediska. Tyto skupiny krizových štábů zajišťují zejména: řízení průběhu evakuace, spolupráci při přepravě z míst shromáždění do evakuačních středisek, dopravní prostředky, řízení nouzového zásobování evakuovaného obyvatelstva, soulad činností evakuačních a přijímacích středisek a zdokumentování průběhu celé evakuace.

## **1.6 Kritická infrastruktura**

Jelikož jde moderní společnost stále kupředu, zvyšuje se zároveň i její zranitelnost. Toto téma je předmětem dlouhodobých diskuzí jak na úrovni mezinárodních společností, tak i ČR. Na povrch se vynořují témata související s nebezpečím pro obyvatelstvo, udržení základních funkcí státu, navyšování prevence a připravenosti, nebo následky MU a dělají starosti všem, kteří se o tuto problematiku zabývají. Téma ochrany životně důležitých zdrojů, infrastruktur a služeb spadá do tzv. Kritické infrastruktury. Velkého významu problematika nabyla hlavně po událostech 11. září v USA (HZS-GŘ, 2015).

Kritická infrastruktura je zakotvena v zákoně č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení (Kritická infrastruktura, 2020).

Prvky kritické infrastruktury (dále jen KI) představují hlavně bezpečnost státu, fungování ekonomiky, veřejné správy a zabezpečení životních potřeb obyvatelstva. Narušení nebo zničení těchto prvků by mělo negativní dopad na zajištění základních funkcí státu. Způsobů zničení nebo narušení prvků KI je mnoho, můžeme sem zařadit např. přírodní katastrofy, nebo vliv člověka. KI bývá hlavním cílem teroristických útoků, protože dobře cílený útok může ochromit celou oblast, nebo dokonce celý stát (Zpěvák a spol., 2014).

Aby KI mohla fungovat dobře a efektivně, musí být pod dobrou ochranou. Ochrana představuje soubor činností, které jsou zaměřeny na to, aby nedocházelo k selhání jejich

systemů při zohlednění všech možných hrozeb a rizik. Smyslem ochrany KI tedy musí být zabránění narušení objektů KI nebo jejich destrukci a minimalizovat dopady výpadku těchto systémů (Zpěvák a spol., 2014).

V roce 2007 MV vypracovalo harmonogram pro zpracování dokumentů s názvem „Komplexní strategie ČR k řešení problematiky KI“ a „Národní program ochrany KI“. Výsledkem těchto dvou dokumentů bylo hned několik závěrů a to řešit komplexněji strategii KI a její legislativní úpravu, dále do řešené problematiky ochrany KI zapojit regionální orgány a s nimi ve spolupráci zpracovat potřebné metodiky, vytvořit podmínky pro financování opatření, které slouží ke zvýšení ochrany KI, zpracování analýzy ohrožení celostátně významné KI a využít finanční pomoc EU k ochraně KI zpracováním vhodných projektů (Zpěvák a spol., 2014).

Komplexní strategie KI se klasifikuje jako „*dokument, který musí stanovit postupy a úkoly, veřejné správy, fyzických a právnických osob při zajišťování jejího rozvoje a ochrany*“ (Zpěvák a spol., 2014).

Aby prvek splňoval kritéria KI, musí splňovat dvě základní podmínky a to naplnění definice KI a prvku KI podle krizového zákona a aplikaci průřezových a odvětvových kritérií, při čemž musí být splněno alespoň jedno z těchto průřezových kritérií (HZS-GŘ, 2015).

## 1.7 Koncepce ochrany obyvatelstva

Problematika ochrany obyvatelstva se může prezentovat v mnoha podobách. Nejčastěji je obsažena v právních předpisech, jako jsou zákony, nařízení a vyhlášky. Může se ale objevit také v nelegislativních předpisech, v tomto případě je to koncepce. Právní předpisy vymezují obecný a závazný právní rámec výkonu ochrany obyvatelstva jednotlivými orgány veřejné správy, PO a FO. Koncepce na druhou stranu reprezentuje podrobný popis a rozpracování struktury systému ochrany obyvatelstva se stanovením úkolů a termínů pro jejich splnění (HZS-GŘ, 2015).

Samotná Koncepce ochrany obyvatelstva představuje primární strategický plánovací dokument. Tuto koncepci můžeme definovat jako: „*Plnění úkolů v oblasti plánování, organizování a výkonu činností za účelem předcházení vzniku, zajištění připravenosti na mimořádné události a krizové situace a jejich řešení. Ochranou obyvatelstva je dále plnění úkolů civilní obrany*“ (Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030, 2020).

Ochranu obyvatelstva můžeme označit jako soubor činností a postupů příslušných orgánů, dalších subjektů a jednotlivých občanů směřujících k minimalizaci dopadů MU na život a zdraví obyvatelstva, dále na majetek a životní prostředí. Výsledek těchto činností a postupů jsou vnímány jako součást havarijního, obranného a krizového plánování (Zpěvák a spol., 2014).

Základní principy, na kterých je ochrana obyvatelstva založena:

- stát má hlavní zodpovědnost za ochranu obyvatelstva, ústředním orgánem v této oblasti je MV ČR, Hasičský záchranný sbor a na úrovni krajů hasičské záchranné sbory jednotlivých krajů
- odpovědnost za ochranu života, zdraví, majetku je stanovena příslušnými zákony a je rozložena na všechny úrovně veřejné správy
- jádro výkonných a částečně i řídicích složek tvoří profesní organizace a jsou dle potřeb doplňovány ostatními složkami různé právní povahy
- veřejnost musí být dobře informovaná o ochranných opatřeních, na základě toho je sebeochrana obyvatelstva účinnější
- opatření proti následkům MU nebo KS se připraví již předtím a budou použita v případě potřeby, nebo v období válečného stavu
- hlavní úlohu má v ochraně obyvatelstva integrovaný záchranný systém, jehož složky jsou postupně vybavovány technikou a materiálem tak, aby zvládly následky MU včetně možných teroristických útoků
- jelikož se rozšiřuje okruh hrozeb a rizik nevojenského charakteru a vzrůstá také rozsah jejich dopadů, financování úseku ochrany obyvatelstva má zásadní vliv na zlepšení této situace
- zvyšování úrovně připravenosti pracovníků veřejné správy, hlavně pak obcí, PO, pedagogických pracovníků, mládeže a občanů (Zpěvák a spol., 2014).

Obsahem *Zprávy o stavu ochrany obyvatelstva v ČR* jsou plněné jednotlivé priority v gesci ochrany obyvatelstva. Zpráva je v tříletých cyklech zpracovávána MV-GŘ HZS ČR a předkládána k projednání a schválení Vládě ČR. Zpráva mimo jiné obsahuje také vyhodnocení stávající situace, zhodnocení úkolů z koncepce ochrany obyvatelstva, stanovení úkolů pro následující tříleté období a vytyčení termínů a gescí za jejich zpracování (HZS-GŘ, 2015).

Pro účely zpracování koncepce ochrany obyvatelstva a k identifikaci nezbytných úkolů je zvolen postup nastavení základních oblastí ochrany obyvatelstva, které jsou následně popsány. Jedná se o tyto oblasti ochrany obyvatelstva:

- síly a věcné zdroje
- úkoly ochrany obyvatelstva
- krizové řízení
- výchova a vzdělávání
- věda a výzkum

Jakákoliv z výše popsaných oblastí je pak detailně rozpracována pomocí právních předpisů, finančních prostředků, úkolů veřejné správy atd. Výsledkem jsou pak určené úkoly, které jsou popsány v konečné části koncepce (HZS-GŘ, 2015).

## 1.8 Bezpečnostní strategie ČR

Každý stát by měl mít svoji strategii, kterou by použil v případě nebezpečí, ať už se jedná o vnější nebezpečí, nebo vnitřní nebezpečí. Bezpečnostní strategie je základní koncepční dokument bezpečnostní politiky státu. Obsahuje následující body:

- východiska bezpečnostní politiky ČR
- bezpečnostní zájmy ČR
- bezpečnostní prostředí
- strategie prosazování bezpečnostních zájmů ČR).

(HZS-GŘ, 2015)

Od výše zmíněného dokumentu se dále odvíjí další dokumenty, které aplikují bezpečnostní politiku do praxe. Stát neustále monitoruje a vyhodnocuje situaci na celém svém území, a zároveň monitoruje i vnější vlivy, které působí na stát zvenčí (Zpěvák a spol., 2014).

Principem bezpečnosti je zajištění ochrany jednotlivce, jeho života, majetku a zdraví. Primární odpovědnost nese vláda, avšak je nutné, aby byly aktivně zapojeny i další subjekty jako jsou občané ČR, podnikající PO a FO, nebo také orgány veřejné správy. Vzájemné propojení těchto prvků zaručí posílení odolnosti proti bezpečnostním hrozbám. Jelikož otevřenost ekonomiky ČR čelí více hrozbám z vnějšího prostředí, musí mít stát zajištěnou dobrou spolupráci v rámci mezinárodních organizací a států a musí čelit politickým a hospodářským hrozbám společně (Zpěvák a spol., 2014).

Jedním z dalších klíčových bodů je i princip nedělitelnosti bezpečnosti, to znamená, že stát vnímá zajištění bezpečnosti na globální pozici. Nelze řešit pouze vnitřní bezpečnost, ale obrana a ochrana občanů a území probíhá i za hranicemi spojeneckých národů. Strategie je založena na mezinárodních závazcích a spolupráci s NATO a EU. V rámci

zajištění bezpečnosti ČR je nutná aktivní účast v systému kolektivní ochrany NATO opírající se o silnou vazbu a spolupráci s partnerskými zeměmi. Proto je nutné při stanovení důležitých koncepčních dokumentů brát ohled i na základní strategické dokumenty členských organizací (Zpěvák a spol., 2014).

Aby stát dokázal udržet bezpečnost a ochranu obyvatelstva na vysoké úrovni, musí konkrétní a adekvátní bezpečnostní politiku. Tu můžeme definovat jako: „*činnost, při které se stanovují základní zájmy a cíle státu v oblasti bezpečnosti*“ (Zpěvák a spol., 2014).

Zároveň sem patří i definování hlavních nástrojů, kterými stát dosáhne těchto stanovených zájmů a cílů. Účelem bezpečnostní politiky je zajištění státní svrchovanosti a územní celistvosti a jeho demokratických základů. Dále sem patří činnosti demokratických institucí, ekonomický a sociální rozvoj, ochrana zdraví a života občanů atd. Tuto bezpečnostní politiku tvoří 5 komponentů, z nichž každé oblasti přísluší stanovený orgán zabývající se touto problematikou. Jedná se o:

- zahraniční politika v oblasti bezpečnosti státu
- obranná politika
- politika v oblasti vnitřní bezpečnosti
- hospodářská politika v oblasti bezpečnosti státu
- politika veřejné informovanosti v oblasti bezpečnosti státu

(Zpěvák a spol., 2014)

## 1.9 Nouzové přežití

Opatření ochrany obyvatelstva má mnoho možností jak zajistit přežití obyvatelstva. Jednou z nich je nouzové přežití, které můžeme chápat jako poskytnutí nouzového ubytování obyvatelstvu, dále zásobování základními potravinami, poskytnutí nouzových zdrojů pitné vody a její zásobování, poskytnutí základních služeb jako např. zdravotnickou pomoc, nouzové dodávky energií a organizování humanitární pomoci. Všechna opatření má převážně na starosti stát s tím, že výrazný podíl zde mají orgány samosprávy, FO a PO, dále občanská sdružení, nevládní organizace a občané (Zpěvák a spol., 2014).

### 1.9.1 Nouzové ubytování

Nouzové ubytování je zpravidla poskytováno v budovách a zařízeních, které spadají do vlastnictví obcí, měst a krajů. Jedná se především o školy, ubytovny, tělocvičny

atd. Vybírá se podle toho, zda je v budově možné připravovat nebo upravovat stravu a zaopatřit její vydávání v trvalých jídelnách. Zařízení musí být vybavena uspokojivou kapacitou sociálního zařízení. Další možností kam nouzově ubytovat obyvatelstvo jsou soukromé zařízení (ubytovny, soukromé domy, kempy, hotely atd.). U těchto zařízení se ovšem musí předem určit způsob financování daných služeb. HZS kraje má ve vlastnictví seznam vhodných objektů, která mohou sloužit jako nouzové ubytování. Tento seznam vhodných objektů je součástí plánu nouzového přežití obyvatelstva (HZS-GŘ, 2015).

Nouzové ubytování spočívá především:

- v určení vhodných objektů z hlediska bezpečí, vhodnosti k nouzovému ubytování, stravování, možnosti dodržování hygienických norem a pro dlouhodobé ubytování i možnosti minima soukromí pro postižené osoby
- v zajištění náhradních ubytovacích kapacit pro lidi, kteří jsou v důsledku MU nebo KS nuceni opustit svá obydlí
- v možnosti ubytování mužů a žen s dětmi do 15 let odděleně
- v případě dlouhodobého ubytování v možnosti ubytování rodin alespoň v jedné místnosti
- ve využití mobilních zařízení jako jsou maringotky, stanů, nebo přístřešků (Zeman, Mika, 2007)

## 1.9.2 Nouzové zásobování potravinami

Aby mohlo fungovat nouzové zásobování základními potravinami, musí být využívána funkční část distribuční sítě nebo smluvně dohodnuté objekty. V potaz může přijít i humanitární pomoc. K zabezpečení stravování jsou využívána hlavně stálá stravovací zařízení, mobilní stravovací zařízení a hromadné výdejny stravy. Jejich seznam je přílohou plánu nouzového přežití obyvatelstva. Nouzové stravování je postaveno na určité redukci množství a složení stravy, pitné vody i výběru jídel. Návrh stravní dávky, energetické hodnoty potravin a doporučená skladba jídelníčku jsou uvedeny v přílohách Pokynu generálního ředitele HZS ČR. Problematika je také řešena zákonem č. 241/2000 o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a to formou regulačních opatření sloužící ke snížení nebo usměrnění spotřeby nedostatkových potravin při vyhlášení KS v systému nouzového hospodářství (HZS-GŘ, 2015).

### **1.9.3 Nouzové zásobování pitnou vodou**

Služba je zřizována Ministerstvem zemědělství na bázi vodárenských podniků. Nouzové zásobování vodou zajišťují orgány krizového řízení pro postižené obyvatelstvo do obnovení funkce běžného zásobování pitnou vodou. Mimo jiné sem patří i dodávky balené vody ze systému nouzového zásobování základními potravinami a humanitární pomoci. Nouzové zásobování vodou se zahajuje do 5 hodin od vyhlášení krizového stavu. První dva dny je doporučená dodávka 5 litrů na osobu a od třetího dne je to a další dny je to 10-15 litrů na osobu za den (Zeman, Mika, 2007).

Organizaci a koordinaci zásobování má na starosti hejtman, nebo HZS kraje (tato možnost v případě řízení zásahu složek IZS). Nouzové zaopatření vody je pro obyvatele zajišťováno na území, kde je obvyklý systém zásobování vody poškozen do doby, kdy je obnovena funkčnost běžných dodávek. Hasičský záchranný sbor kraje má s hlavními dodavateli podepsány úmluvy o poskytnutí osobní, nebo věcné pomoci k obstarání dodávek pitné vody do oblastí ohrožených či zasažených MU (HZS-GŘ, 2015).

### **1.9.4 Nouzové dodávky energií**

Problém se týká hlavně elektrické energie, plynu a tepla. Prioritou zabezpečení dodávek zásobování jsou zdravotnická zařízení, sociální zařízení a objekty s nouzově ubytovanými. Elektrická energie by byla dodávána podle odpovídajícího regulačního a vypínacího plánu na základě přesné situace. HZS kraje má v ochraně i výkonné náhradní proudové zdroje, které mohou být použity k zajištění dodávky proudu. Tyto náhradní zdroje jsou použity na důležité budovy jako nemocnice, domovy s pečovatelskou službou apod. Plyn je dodáván na základě omezujících otopových křivek, které umožňují vytápění objektů na nejmenší teplotu, nebo havarijního odběrového stupně, který reprezentuje zastavení dodávek odběratelům všech kategorií. Teplo bude stejně jako elektrická energie dodáváno na základě regulačního rozvrhu podle odběrových diagramů k individuálním regulačním stupňům. Při regulaci se berou v potaz potřeby zdravotnictví, školství, potravinářství apod. HZS kraje má opět k dispozici seznam kontaktů na havarijní služby jednotlivých dodavatelů pro dané území kraje (HZS-GŘ, 2015).

### **1.9.5 Nouzové základní služby obyvatelstvu**

Nejdůležitější komodity zabezpečení nouzových základních služeb jsou ošacení, lékárny, veterinární ambulance, hygienické potřeby, tuhá paliva, pohonné hmoty, pohřební služby a jiné. HZS kraje má s některými důležitými dodavateli uzavřenou písemnou dohodu a sjednává tak předem formu a rozpětí pomoci. Přehled zdrojů na území kraje je uveden v HPK, nebo v systému ARGIS, jehož provozovatelem je SSHR (HZS-GŘ, 2015).

## 2 NEBEZPEČNÉ LÁTKY

Aby se obyvatelstvo mohlo dobře chránit, musí znát hrozby, kterým by mohlo v budoucnu čelit. Máme hrozby přírodního charakteru a způsobené činností člověka. Kapitola pojednává o zásadách chování obyvatelstva při úniku nebezpečných látek, dále jsou zde rozebrány nejběžnější nebezpečné látky, hrozby způsobené člověkem (jaderné a biologické), jedna kapitola je věnována dekontaminaci a dále např. individuální protichemická ochrana, nebo ochrana před těmito podobným událostem.

### 2.1 Zásady chování obyvatelstva při havárii s únikem nebezpečných chemických látek

V knize *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek* od Ing. Miroslava Kroupy jsou uvedeny zásady, podle kterých by se měl řídit každý, kdo se dostane do situace, kdy došlo k havárii spojené s únikem a působením nebezpečných chemických látek. Tyto zásady jsou uvedeny ve dvanácti bodech a u každé zásady je uvedeno vysvětlení důvodu a jsou zde popsány další důležité podrobnosti. V následujících dvanácti podkapitolách jsou stručně uvedeny a popsány zásady, podle kterých by se měl řídit každý, kdo přijde do styku s havárií chemického původu.

#### **Nepřibližovat se k místu havárie**

Je logické, že na místě havárie bude největší koncentrace nebezpečné chemické látky, tudíž je toto místo nejnebezpečnější. Koncentrace uniklé látky je minimální na návětrné straně od místa havárie, největší logicky na závětrné straně. Množství nebezpečné látky klesá ve směru větru od místa havárie, a to v závislosti na druhu, množství unikající látky a meteorologických podmínkách. Každé přiblížení k místu nehody bez patřičné ochrany zvyšuje riziko otravy.

#### **Vyhledat vhodný úkryt**

Existuje hodně druhů nebezpečných chemických látek, které jsou těžší než vzduch a z toho důvodu se drží při zemi. Díky tomu se mohou dostat suterénních, nebo přízemních prostor snadněji, než do vyšších pater budovy. Právě vyšší patra na závětrné straně budovy

ve směru šíření představují dokonalý úkryt před „těžkou“ chemickou látkou. Chemické látky, které jsou lehčí než vzduch, jsou vesměs prchlavé a tedy na otevřeném terénu málo stáje. Proto je pravděpodobnost, že proniknou zavřenými či utěsněnými okny ve vyšších patrech závětrné strany budovy velice malá.

### **Místnost utěsnit**

Okna místnosti úkrytu, které zvolíme na závětrné straně budovy, můžeme spolehlivě utěsnit různými typy samolepících pásek, které při aplikaci na okno zamezí průnik nebezpečné látky do místnosti. Další z možností jak zabránit vniknutí látky do úkrytu je okno zakryté záclonami i závěsy, které jsou namočený ve vodě nebo v roztoku pro improvizovanou ochranu. Ze zkušeností z války v Iráku vyplynulo, že k tomuto účelu byly používány polyetylenové fólie a různé samolepící fólie, lepicí pásky apod. Aby se zamezilo vniknutí látky do úkrytu, tak je nezbytné vypnout a oddělit všechnu ventilaci v bytě. Tím se rozumí klimatizace, topidla, větrací systémy, světlíky, digestoře a sebemenší otvory (klíčové dírky, otvory pro poštu atd.). Je prokázáno, že tímto způsobem lze snížit koncentraci nebezpečné chemické látky i o několik řádů.

### **Připravit si prostředky improvizované ochrany**

V současné době není pro veřejnou populaci počítáno s výdejem prostředků individuální ochrany v případě havárií chemického rozsahu. Platí to především pro ochranu dýchacích cest proti účinkům látky při havárii v míru. Je to proto, že stávající prostředky na ochranu ve skladech CO byly vytvořeny a určeny pro případ válečného stavu. Potvrzuje se to i v koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2006 s výhledem do roku 2015, která byla schválena vládou. Tím pádem každý, kdo se cítí být ohrožený, může si prostředky individuální ochrany opatřit ve specializovaných prodejnách. Jedná se hlavně o ochranné masky. Ochranné filtry je naopak nutné vybírat podle druhu nebezpečné chemické látky. Nejsou-li žádné tyto ochranné pomůcky k dispozici, je nezbytné použít prostředky improvizované ochrany dýchacích cest. Základními surovinami pro výrobu jsou savé a prodyšné tkaniny, pitná voda, zažívací soda, kyselina citronová nebo stolní ocet. K ochraně celého těla jsou doporučeny pláštěnky a oděvy do deště a gumové holinky a rukavice.

### **Provádět nebo připravit se na částečnou dekontaminaci**

I když ještě nedošlo ke kontaminaci povrchu těla nebezpečnou látkou, je dobré mít připravenou zásobu vody k umytí těla. Dobrá je zásoba dezinfekčních látek. V případě kontaminace povrchu je nejlepší se ihned osprchovat, v případě lokální kontaminace postižené místo opláchnout a utřít. Nutná je také výměna ošacení. Dekontaminace se předpokládá hlavně u netěkavých látek.

### **Poslech rozhlasu a televize**

Pokud bylo provedeno varování obyvatelstva pomocí varovných sirén, je nutný následný poslech sdělovacích prostředků. Od 1. 11. 2001 je v celé ČR zaveden pouze jeden varovný signál a to tzv. „Všeobecná výstraha“, která se aktivuje při hrozbě nebo vzniku mimořádné události. Signál je vyhlašován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin. Signál se opakuje třikrát za sebou v tříminutových intervalech. Po ukončení tohoto signálu je dobré věnovat pozornost médiím. V menších obcích mohou být tyto informace šířeny místním pouličním rozhlasem, vozidly s tlampači, nebo jiným způsobem, který je v obci používán. Sdělené informace budou obsahovat podrobné údaje o události a uvedeny konkrétní postupy činnosti ohrožených obyvatel.

Jako varování osob v bytě mohou posloužit rybky v akváriu, nebo ptactvo v kleci. Pokud nebezpečná látka pronikne do atmosféry domácnosti, začnou se zvířata chovat neklidně a po čase uhynou. Stane se tak ještě dříve než chemickou látku zaznamenají čichem ostatní členové domácnosti.

### **Jednat klidně a s rozvahou**

Základem je nepodléhat panice a nezačít zbytečně zmatkovat. Je na rozumu rozvážně postupovat podle těchto zásad respektive pokynů ve sdělovacích prostředcích. Uklidňovat chaoticky jednající jedince a v hraničních nezbytných případech je do příchodu IZS izolovat. Důležité je nerozšiřovat poplašné a neověřené zprávy.

### **Netelefonovat a neblokovat síť**

Je přirozené, že v případě havárie chceme vědět o našich blízkých, jak se mají a zda jsou v pořádku. Je ale žádoucí zbytečně nezatěžovat telefonní spojení. V některých případech může dojít k přetížení pevné i mobilní sítě a někteří, kteří potřebují pomoc a kam se ještě pomoc nedostala se nedovolají.

## **Respektovat pokyny a nařízení složek IZS**

První kontakt obyvatel se záchranáři by měl představovat značnou úlevu, zejména když dochází k viditelné eliminaci následků havárie. V případě, že došlo k nadýchání nebezpečné látky, je potřeba tuto skutečnost nahlásit složkám IZS. Pokyny, které záchranáři vydávají, vycházejí z profesionální zkušenosti a je třeba se jimi řídit a dodržovat je.

## **Vyvarovat se větší fyzické námahy**

Pokud se tělo vystaví větší fyzické námaze, zvýší se příjem inhalovaného kyslíku. To má za následek také vstřebání zvýšeného množství nebezpečné látky, která se ve vzduchu nachází. Rozdíl mezi příjmem inhalovaného vzduchu při chůzi a běhu je až šestinásobný. Když jsou používány prostředky individuální ochrany, tak při námaze se jejich doba používání snižuje.

## **Varování sousedů**

V této zásadě se zpravidla jedná o to, abychom si ověřili, zda sousedé o havárii ví a že ví, jak postupovat viz. výše uvedené zásady. Dále musíme pomoci starším, nevidomým a nemocným osobám při utěsnění bytu, evakuaci apod.

## **Připravit se na evakuaci včetně přípravy evakuačního zavazadla**

Pokud složky IZS posoudí hrozící a nastalé situace a vyhodnotí jejich nebezpečí, tak mohou dát příkaz k evakuaci. Případná evakuace při úniku nebezpečné chemické látky je závislá na druhu uniklé látky a vývoji havárie. V případě úniku těkavých látek ve formě plynu nebo par nemůže nastat dlouhodobá kontaminace prostředí a evakuace tudíž nepřipadá v úvahu. Pokud se ovšem obyvatelstvo nenachází příliš blízko k místu havárie. Evakuaci lze předpokládat tam, kde může dojít ke kontaminaci velké oblasti, a kde dekontaminační práce mohou být dlouhodobé. Zpětné navrácení obyvatelstva do svých domovů lze provést až po důkladné dekontaminaci prostředí a se souhlasem odborné služby. Rozhodnutí o evakuaci a jejím průběhu je závislé na druhu, množství a prognóze úniku nebezpečné chemické látky. Důležitou roli hrají také atmosférické podmínky. Na základě těchto podmínek musí evakuační postupy stanovit odborníci, kteří v krizových štábech havárii řeší.

## 2.2 Dekontaminace

Pokud již dojde k zamoření oblasti, nebo úkrytu nebezpečnou chemickou látkou jak jsme si psali v předchozích kapitolách, musíme jednat tak, abychom danou látku z prostoru zcela vymýtili. Nestací např. jen vyvětrat nebo utřít. Při zamoření uniklou látkou musí nastoupit speciální dekontaminační tým, který podle stanovených postupů odstraní nebezpečnou látku. Neplatí to jen na prostory, dekontaminační procedurou může projít i člověk nebo zvíře. V knize *Základy ochrany obyvatelstva v ČR* autoři dekontaminaci definují jako: „*velmi náročnou, pracnou a dlouhou odbornou činnost zahrnující mimo jiné i těžkou fyzickou práci v prostředcích individuální ochrany s vysokým psychickým zatížením jednotlivých pracovníků.*“ Z obecného hlediska je to soubor metod, postupů a prostředků k účinnému a rychlému odstranění nebezpečných látek z prostředí (Hradil, Mika, Musil, 2018).

Metody, kterými můžeme provést dekontaminaci, jsou tři. Patří sem mechanická metoda, kam můžeme zařadit vyklepávání, vytřepávání vysávání či kartáčování. Druhou metodou je fyzikální dekontaminace. Do této metody můžeme zařadit odpařování, smývání a sorpce. Třetí metoda, chemická, už vyžaduje odbornější přístup. Je to reakce kontaminantů s vhodným činidlem, při níž dochází k úplnému rozložení látky nebo přeměně na méně toxické produkty (Dekontaminace, 2020).

Dekontaminaci můžeme dělit z pohledu mnoha hledisek. Můžeme ji rozdělit podle druhu odstraňovaného vzorku na **odmořování** (bojové chemické látky a průmyslové sloučeniny), **dezaktivaci** (sem můžeme zařadit radioaktivní látky) a **dezinfekci** (bojové biologické prostředky). Z hlediska opatření můžeme dekontaminaci rozdělit na **okamžitou** (prvotní), **částečnou** a **úplnou** (Dekontaminace, 2020).

Podle naléhavosti situace můžeme dekontaminaci rozdělit na:

- Pasivní – využívá přirozený proces rozkladu bez lidského nebo mechanického zásahu
- Aktivní – metoda se uskutečňuje s využitím chemického, fyzikálního a mechanického působení, které odstraňuje toxické, biologické, nebo radioaktivní látky

(Hradil a spol., 2018)

Jako každý důležitý a nebezpečný postup i dekontaminace má své zásady, kterých je potřeba se držet. Jsou celkem čtyři a jsou uvedeny v podkapitolách níže.

### **Provést co nejdříve**

Čím dříve, tím lépe. To platí všude a v případě dekontaminace dvojnásob. Když proces dekontaminace začne co nejdříve je menší pravděpodobnost, že se kontaminant dostane do povrchu materiálu a tím bude proces účinnější. Ušetří se tím čas i vynaložené úsilí dekontaminačního týmu.

### **Dekontaminovat pouze to, co je nezbytné**

Dekontaminační procesy jsou velmi náročné z pohledu logistického zabezpečení a vyžadují spoustu času. Z toho důvodu se dekontaminují pouze předměty a místa, která to vyloženě vyžadují.

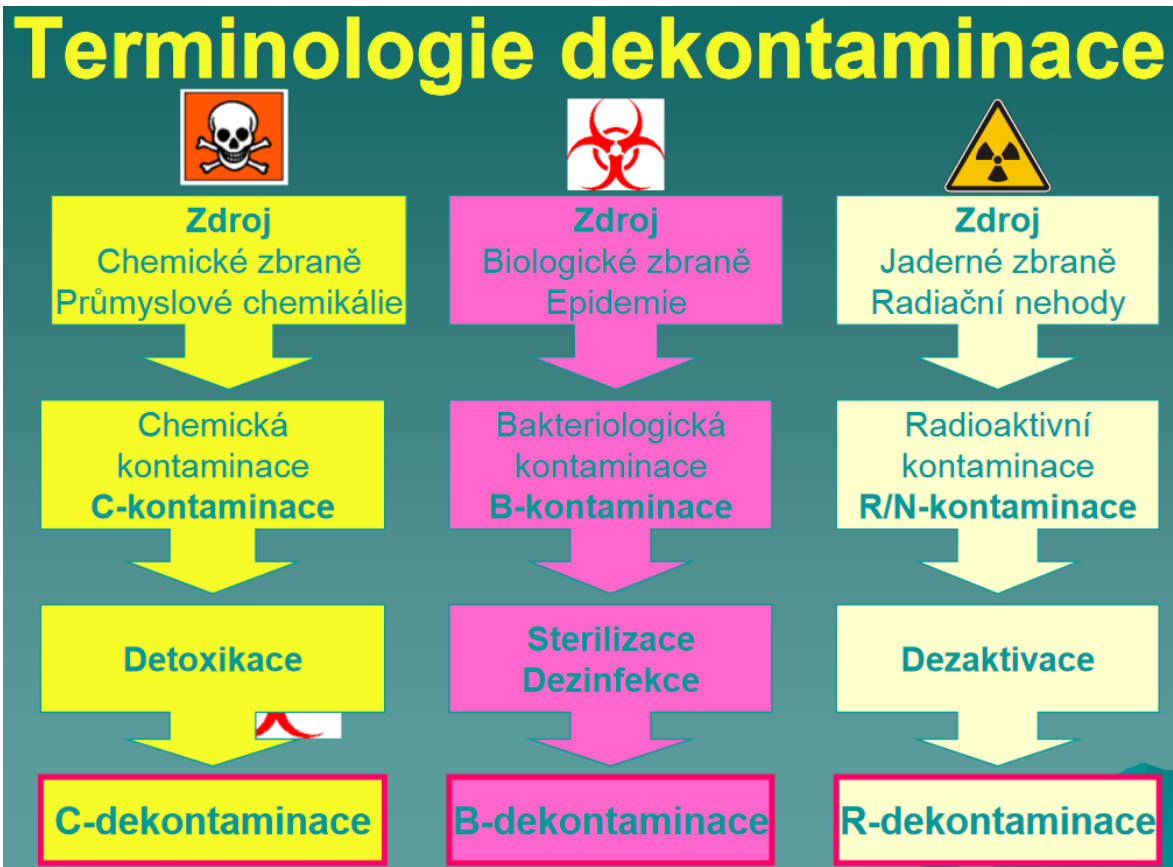
### **Dekontaminaci provádět co nejbližší kontaminovanému prostoru**

Aby se zamezilo šíření kontaminace na minimum, provádí se co nejbližší místu, kde nebezpečná chemická látka unikla. Díky tomu se zmenšuje okruh kontaminace prostředí od místa havárie.

### **Respektovat dané priority**

Velitel dekontaminačního zásahu musí vždy vzít v potaz priority pro dekontaminaci zájmových předmětů a míst tak, aby co nejlépe zajistil stanovené cíle daného zásahu (Hradil a spol., 2018).

Obrázek č. 3 popisuje jednotlivé zbraně, jejich případnou kontaminaci a následný typ dekontaminace, která se u každého typu provádí jinak.



Obr. č. 3: Terminologie dekontaminace

## 2.3 Chemická rizika

Podle zákona č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích se za nebezpečné chemické látky považují látky vysoce toxické a zdraví škodlivé, které po vdechnutí, požití, nebo jiným způsobem dostání se do těla mohou i v malém množství způsobit chronické, nebo akutní poškození zdraví, nebo smrt (Kroupa, 2004).

Pokud látky disponují hořlavými, oxidujícími nebo výbušnými vlastnostmi a současně nevykazují toxické účinky, tak se nepovažují za nebezpečné chemické látky. Látky splňující výše popsané nebezpečné chemické vlastnosti jsou při vdechování velmi toxické, až zdraví škodlivé a mají za normálních atmosférických podmínek plynnou, nebo nízko-vroucí kapalinnou podobu. Mohou být rozptýleny ve formě aerosolu. V současné době jsou za nebezpečné chemické látky považovány látky, které jsou skladovány a přepravovány v takovém množství, že by při úniku, nebo havárii těchto látek může dojít k ohrožení života nebo zdraví osob (Kroupa, 2004).

Vystavení lidského organismu účinkům nebezpečné látky se nazývá Expozice. Jde o průběh vniknutí látky do těla. Expozici můžeme rozdělit na **jednorázovou, opakovanou** a **akutní**, kdy do organismu za krátkou dobu vniklo najednou více látek ve větším množství a **chronickou**, kdy látka působí na lidské tělo dlouhodobě a opakovaně. Lidské tělo může nebezpečnou látku pojmout několika způsoby. **Inhalačně** (vdechováním), **perorálně** (přes ústa), nebo **perkutánně** (přes kůži). Nejpravděpodobnější způsob, jak se látka může do těla dostat je inhalační, tedy vdechnutím (Kroupa, 2004).

Nebezpečné látky se dělí do tzv. Tříd nebezpečnosti, kde můžeme najít Fyzikální nebezpečnost, Nebezpečnost pro zdraví a Nebezpečnost pro životní prostředí.

## 2.4 Chlór

Chlór je nebezpečná chemická látka v podobě toxického plynu, který je těžší než vzduch. Má vysokou oxidační hodnotu, což podporuje hoření. Silný dráždivý a dusivý účinek. Chlór je vysoce toxický pro vodní organismy a proto látka nesmí uniknout do veřejných kanalizací. Když reaguje s dusíkatými sloučeninami, vyvíjí výbušný chlorodusík. Látka je velice dobře a silně cítit, tudíž se ihned po úniku zjistí, že látka unikla. Je cítit při koncentracích 0,01 ppm – 0,31 ppm. Dráždivá koncentrace nastává při 3 ppm. V pevném skupenství se látka nevyskytuje. V kapalně podobě má oranžově žlutou barvu, a těžké olejovité skupenství. Pronikavý dusivý zápach. Na otevřeném prostoru se mění na plynnou podobu a vypařuje se ve žlutozelený nebezpečný plyn, který je 2,5x těžší než vzduch.

### Věty o nebezpečnosti chemické látky:

- pro vodní organismy je vysoce toxický s dlouhodobými účinky
- je to oxidant, takže může způsobit nebo zesílit požár
- obsahuje plyn pod tlakem, při zahřátí vybuchuje
- dráždí pokožku
- ve styku s očima způsobuje veliké podráždění
- v případě vdechnutí může způsobit smrt
- toxický při vdechování
- způsobuje podráždění dýchacích cest

Detekuje se pomocí přístroje Gas Alert s čidlem na chlór, DGA II, nebo pomocí detekčních trubiček. Při kontaktu je nejlepší ochranný oděv Tychem, Tyvec, OPCH, záleží na úniku a dýchací přístroj. Chlór v kapalně podobě se při styku s vodou prudce odpařuje. Při menším úniku lze zlikvidovat pomocí siřičitanů. Musí se zajistit dostatečné odvětrávání. Likviduje se jako nebezpečný odpad. V případě požáru je vhodné jako hasivo použít hasící pěnu, nebo rozprašovaný vodní proud. Nesmí se používat plný vodní proud. Přípustný expoziční limit je  $1,5 \text{ mg/m}^3$  což odpovídá 0,5 ppm. Nejvyšší přípustná koncentrace je 1 ppm. Při dlouhodobém vystavení této látky hrozí vážné poškození zdraví. Za normálních podmínek je chlór stabilní. Reaguje s tuky a oleji, alkalickými kovy, čínidly, louhy a četným množstvím sloučenin. Aby se zabránilo nebezpečí exploze, je nutné látku držet mimo zdroj tepla a vyšších teplot. Musí se rovněž zabránit přístupu vlhkosti. Neslučuje se s materiály jako je hliník a jeho slitiny. Chlór se dále nerozkládá, tudíž nehrozí nebezpečí rozkladu (Chlór, 2020).

### 2.4.1 První pomoc

Jelikož se chlór považuje za nebezpečnou chemickou látku, lidé musí vědět, jak se chovat, kdyby přišli do kontaktu s touto látkou. Níže jsou uvedeny body jak postupovat při zasažení různých částí těla touto látkou.

**Při vdechnutí** – Při vdechnutí chemické látky je nutné postiženého dostat na čerstvý vzduch a uložit ho do klidové polohy. V případě podráždění plic je nutné postižené místo ošetřit kortikoidním sprejem (aerosol Ventolair, nebo Pulmicort). Při zástavě dechu zahájit umělé dýchání a přivolat pomoc lékaře.

**Při zasažení očí** – Několik minut pomalu vyplachovat oči tekoucí vodou. Pokud postižený používá kontaktní čočky, tak okamžitě vyjmout a pokračovat ve vyplachování a okamžitě přivolat lékaře.

**Při styku s kůží** – Při kontaktu s pokožkou je nutné postižené místo ihned omýt vodou, pokud byl zasažen i oděv, okamžitě vyměnit. Mohou vzniknout omrzliny, ty je nutné oplachovat teplou vodou alespoň patnáct minut. Nakonec přiložit sterilní obvaz a vyhledat pomoc lékaře. (Chlór, 2020)

## 2.4.2 Použití chlóru

I když je chlór životu velice nebezpečný a měl by se uchovávat mimo dosah nezkušených lidí, tak přesto jsou v životě věci, ke kterým je chlór potřeba a bez kterých bychom ty věci nemohli vykonávat. Chlór a jeho sloučeniny se používají takměř ve všech oblastech našeho života. Ty nejznámější a nejdůležitější jsou uvedeny níže (Význam a využití chlóru a jeho sloučenin, 2020).

K dezinfekci vody se kromě ozonu používají hlavně chlór, chlornany a oxid chloričitý. Všechny tyto látky jsou oxidační činidla, nebo jejich prekurzory. Používají se hlavně na čištění odpadních vod a plaveckých bazénů. Na chlór bývá sváděno následné pálení očí po plavání v bazénu. Ve skutečnosti to mají na svědomí chloraminy, které vznikají reakcí s amoniakem vznikajícím ze sloučenin produkovaných „neukázněnými plavci“ (moč v bazénech).

Chlór se objevuje i v lidském těle, obsahuje ho zhruba asi 100g především ve formě chloridového aniontu. Ten je spolu s kationty součástí krve i dalších tekutin, které jsou nezbytně nutné pro správné fungování těla. Chloridové ionty tělo přijímá jako chlorid sodný, neboli kuchyňskou solí. Můžeme ho také nalézt v žaludečních šťávách ve formě kyseliny chlorovodíkové.

Jak ve fotografickém, tak i ve sklářském a chemickém průmyslu se používá chlorid stříbrný. Když se vystaví na světlo, tak dochází k vyredukování stříbra a proto se využívá k výrobě fotografických materiálů (kopírovací papíry, nebo diapozitivní desky).

Sloučeniny chlóru se využívají také v pyrotechnice se silnými oxidačními účinky. Jedná se o chlorečnany a chloristany. Tyto látky prudce reagují s mnoha látkami.

Chlór spolu se spoustou halogenderivátů patří mezi tzv. otravné nebo bojové plyny. Používali se hlavně za války jako chemické plynové zbraně. Jednalo se hlavně o yperit, lewisit, nebo fosgen. Jsou to chemické, velmi toxické látky, které dokázaly člověka během pár minut úplně ochromit, nebo i zabít. Tyto látky jsou dodnes zneužívány pro vojenské účely. Byl také vyvinut adamsit, který patří mezi slzné plyny.

V oblasti stavebního průmyslu a sportu se používají především chlorované polymery – plasty. Pro stavební průmysl a řemeslné práce (hlavně instalatérství) se používá rozšířený polymer PVC. Sport, hlavně pak vodní sporty, často využívají další chlorovaný polymer - chloropren, známější spíše pod obchodním označením Neopren.

Ani medicíně se tato nebezpečná látka nevyhnula. Dříve se v medicíně jako celkové anestetikum používal chloroform, dnes je však již nahrazen méně nebezpečnými fluorderiváty. Jako dezinfekční prostředek na bázi chlóru můžeme považovat např. dettol.

V chemickém průmyslu najde chlór asi největší uplatnění. Používá se při výrobě velmi čistých prvků, plastů, rozpouštědel atd. Kyselina chlorovodíková se používá jako činidlo v organické syntéze k výrobě halogenderivátů jako meziproductů mnoha reakcí, při přípravě chloridů atd. (Význam a využití chlóru a jeho sloučenin, 2020).

## 2.5 Benzín – bezolovnatý

Benzín klasifikujeme jako hořlavou a výbušnou látku. Při sebemenším vlivu tepla se vznítí (jiskry, otevřený oheň). Je citlivý na statickou elektřinu. Benzínové páry mohou vytvářet hořlavé a výbušné směsi se vzduchem. Jelikož jsou těžší než vzduch tak se drží a šíří po zemi a shromažďují se v nízko poležených nebo uzavřených prostorách jako jsou kanalizace, nádrže, sklepy. Nebezpečí exploze díky výparům hrozí vevnitř, venku nebo i v kanalizaci. Obaly, které chrání tuto látku, vybuchují při zahřátí (Benzín, 2020).

Benzín nemá pevné skupenství, vyskytuje se pouze v kapalném skupenství jako bezbarvá až mírně nažloutlá kapalina s charakteristickým zápachem. V plynném skupenství se vyskytuje jako pára. Je to extrémně hořlavá a těkavá látka, III. třída nebezpečnosti. Ve vodě je jen nepatrně rozpustný a plave na jejím povrchu, kde se může opět zapálit. Se vzduchem tvoří výbušnou směs. Benzín je pro člověka vysoce toxický, kritická dávka pro člověka je orálně 20-40g a inhalačně 35g/m<sup>3</sup> / 5-10 minut (Benzín, 2020).

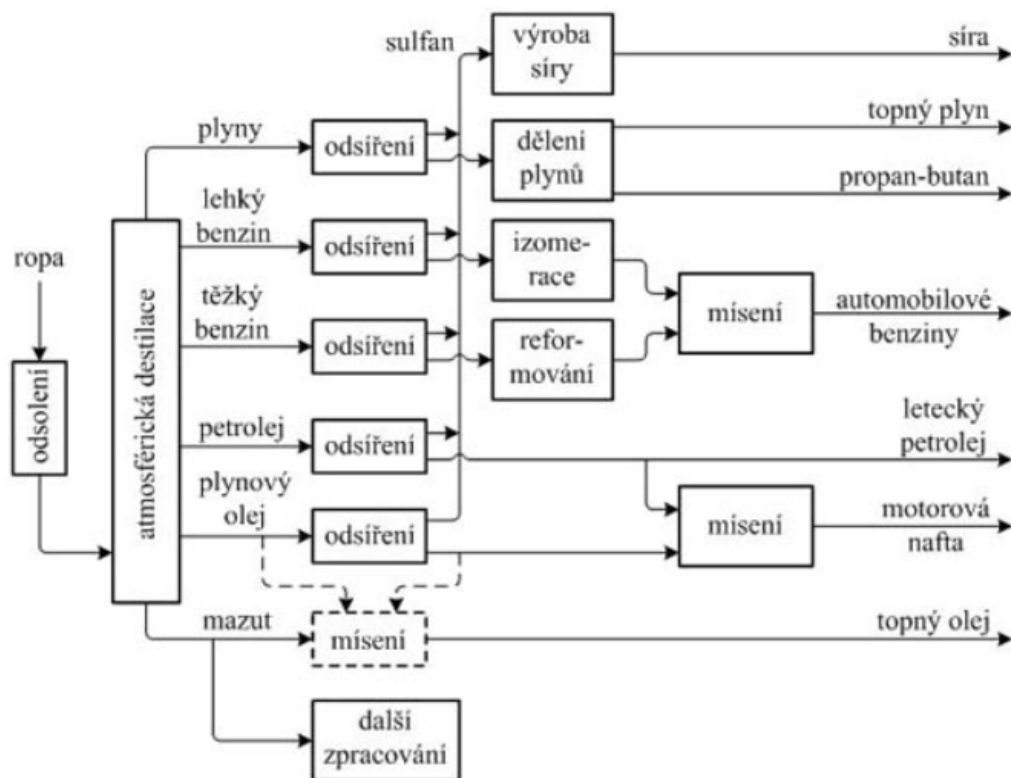
### Věty o nebezpečnosti chemické látky:

- extrémně hořlavá kapalina a páry
- možná smrt při požití látky nebo vniknutí do dýchacích cest
- dráždí kůži
- způsobuje ospalost a závratě
- může vyvolat genetické poškození a rakovinu
- podezření na poškození reprodukční schopnosti
- toxický pro vodní organismy, dlouhodobé účinky

Páry se detekují Explozimetry, detekčními trubičkami, nebo Analyzátozem plynů GDA II. Kapalinná forma pomocí Ramanova spektrometru, a nebo FTIR spektrometru. Při zásahu u nehody s touto látkou jsou vhodné ochranné rukavice s tloušťkou minimálně 0,7 mm a protichemický oblek TYCHEM/OPCH-90PO při vysokých koncentracích s dýchacím přístrojem (Benzín, 2020).

Pokud dojde k havárii této nebezpečné látky, tak hrozí kontaminace prostředí. Rozlitou směs je vhodné pokrýt nehořlavým absorbujícím materiálem jako je písek, zemina, křemelina aj. Označený odpad se předává k odstranění specializované firmě s oprávněním k této činnosti. Obalový materiál, který je znečištěn touto látkou výrobce doporučuje likvidovat ve spalovnách nebezpečného odpadu. Jako vhodné hasivo lze použít pěnu, vodní mlhu, písek nebo zeminu. Nehasíme plným vodním proudem, hrozí rozstříknutí a šíření požáru. Látka při požáru produkuje hustý silný kouř, oxidy uhelnatý a uhličitý (Benzín, 2020).

Benzín je látka, kterou nenajdeme jen tak volně v přírodě, ale vyrábí se činností člověka. Základem je tradiční destilace. Díky ropě se z ní získávalo palivo prakticky od začátku. Při zahřátí ropy a její destilace se z ní nezískává pouze benzín, ale také jednotlivé uhlovodíkové substance podle toho, jak moc se ropa zahřeje. Když vezmeme vytěženou ropu a zahřejme ji na teplotu od 30 do 180 °C, tak postupně získáme onen benzín. Není to ale ten konečný benzín, který se používá jako palivo pro spalovací motory, ale je to tzv. panenský (někdy známý jako přímý) benzín. Tento surový benzín se dále upravuje tak, aby splňoval požadavky nám známého benzínu. Pokud budeme pokračovat v ohřívání ropy dále, tak nad 180 °C dokážeme v ropy vydestilovat kerosin a petrolej. Při zahřátí nad 220 °C dostaneme naftu, naftalen a další těžké frakce ropy. Nad 360 °C už nemůžeme destilovat normální cestou nic, tak musí být použita vakuová destilace. Při použití této metody ale klesá výtěžnost až na hranici 25% z původního objemu ropy. Níže na obrázku je postupná destilace uvedena (Vše o palivech, 2020).



Obrázek č. 4: Zpracování frakcí z atmosférické destilace

## 2.5.1 První pomoc

**Při vdechnutí** – Přenést postiženého na čerstvý vzduch a ponechat jej v klidové poloze pro vhodné dýchání. Pokud je postižený v bezvědomí a nedýchá, je nutné zabezpečit volné dýchací cesty a následně poskytnout umělé dýchání a masáž srdce. Následně přivolat lékařskou pomoc.

**Při zasažení očí** – Pokud se tato látka dostane do očí, je nutné vyplachovat vodou po několik minut. Pokud má postižený nasazené kontaktní čočky, tak čočky je nutné vytáhnout a pokračovat s vyplachováním. Může dojít k podráždění, rozmazanému vidění nebo otokům. Pokud tyto příznaky přetrvávají, je nutné vyhledat lékařskou pomoc.

**Při požití** – Pokud se nám látka dostane nějakým způsobem do pusy, musíme vyplachovat vodou a postiženému poskytnout pitnou vodu. Důležité je nikdy nevyvolávat zvracení. Tím se zabrání, aby se látka dostala do plic, kde by mohla napáchat značné škody. Urychleně vyhledat lékařskou pomoc.

**Při styku s kůží** – Odstranit potřísněný oděv a kontaminovanou obuv. Je nutné postižené místo umýt vodou a mýdlem a při větším podráždění vyhledat odbornou pomoc. Pokud dojde ke vzplanutí látky na kůži tak chladit popálené místo pod tekoucí vodou minimálně 5 minut, nebo dokud bolest neustoupí (Benzín, 2020).

### 3 POUŽITÉ METODY V PRÁCI

Ke zpracování bakalářské práce byly využity základní vědecko-výzkumné metody a kvantitativní metoda hodnocení rizik TEC-DOC 727.

#### 3.1 Metoda TEC DOC 727

TEC DOC 727 se zabývá kvantitativním posuzováním rizik v rámci ohrožení života osob a odpovídající relativní možnosti. Užitečná je např. pro majitele výrobního podniku, kdy si majitel touto metodou zkoumá zdroje rizik v územní oblasti administrativního celku. Prostřednictvím této metody lze posoudit rizika, která mohou nastat při užívání lehce rozšiřujících se látek, kam můžeme zařadit plyny a kapaliny, které se vyznačují výbušností, toxicitou, nebo hořlavostí. Výsledné výpočty jsou formovány v matici, kde se zaznamenávají přechodná území, území přijatelného rizika a rizikové oblasti, jež jsou pro danou situaci nepřijatelné (Horák, Schwarz, 2006).

Zóny a firmy, které se nacházejí v průmyslové oblasti, znázorňují vysokou míru zdrojů rizik a činností, které ovlivňují své okolí. Představují zdroj rizik pro životy, životní prostředí, lidské zdraví a majetek. Metoda představuje postup jak ztotožnit, vyhodnotit a určit priority zdrojů společenského rizika (IAEA, 1996).

Vypracovaný postup metody umožňuje odhadnout výši rizika v případě nehody výrobního stroje a kde se zachází a skladují nebezpečné chemické látky. Dále tento postup může sloužit k odhadnutí rizika v rámci přepravy nebezpečných látek po silnici, přes produktovody, po železnici a nebo po vodní cestě. Podle nynějších zkušeností je metodu možno použít pro určení předběžného kvantitativního shrnutí o rozdílných zdrojích rizika ve větších průmyslových zónách v rámci společenských rizik. Rovněž poskytuje možnost stanovení priorit u jednotlivých zdrojů rizik pro následující detailnější analýzu (IAEA, 1996).

Údaje, které byly zjištěny prostřednictvím této metody, musíme brát pouze jako relativní data. Nepřípadá v úvahu zjištěná data považovat za absolutní informace. Celý postup a výsledné údaje není možno uplatňovat pro:

- určení rizika jednotlivého zařízení nebo pro jeho ovládnutí
- rozhodnutí, kde by mělo být nebezpečné zařízení umístěno, nebo jak plánovat přepravní cesty pro nebezpečné chemické látky

- všechna rozhodnutí o bezpečnosti individuálního zařízení nebo aktivity, či akceptovatelnost s ním spjatého rizika
- srovnání absolutních hodnot bez seznámení s kritérii
- srovnání norem pro přijatelnost rizika
- pro přímé vytvoření havarijního plánu v rámci MU, která je spjat s daným druhem rizika (IAEA, 1996)

Tec-Doc 727 poskytuje vyhodnocení nebezpečné aktivity na pozorovaném území na základě rozdělení následků a pravděpodobnosti objevení se závažné havárie. Rozdělení následků dopomáhá k přibližnému stanovení počtu poranění při nehodě průmyslového stroje nebo při přepravě nebezpečných látek (Horák, Schwarz, 2006).

Dané kroky, které je zapotřebí uskutečnit k odhadnutí rizika a určení priorit zdrojů rizika:

1. klasifikace typu aktivity a zařízení
  2. odhad následků
  3. stanovení pravděpodobnosti
  4. odhadnutí společenského rizika
  5. stanovení priorit
- (IAEA, 1996)

Níže jsou podrobně rozepsány jednotlivé kroky výše zmíněného postupu, 2. a 3. krok obsahuje rovnice i s vysvětlivkami jednotlivých prvků.

### **Klasifikace typu aktivity a zařízení**

Jakmile jsou stanoveny hranice a obecné charakteristiky oblasti, je potřeba sesbírat základní informace o nebezpečných zařízeních, dopravních cestách a způsobech přepravy nebezpečných látek (vše označováno jako nebezpečná činnost). Z aktivit se vyberou činnosti, které zvyšují společenské riziko a musejí k nim být sesbírány podrobnější informace. Následně je vypracován seznam nebezpečných látek na daném perimetru a provede se jejich klasifikace.

### **Odhad následků velké havárie na obyvatelstvo**

Odhadnutí následků se provádí u všech zamýšlených nebezpečných aktivit. Když se bavíme o stálých zařízeních, tak se zohledňují všechny osoby, které žijí nebo pracují v předpokládaném území. Při vyhodnocování míry rizika při přepravě látek, je nutné zvážit, zda je potřeba brát v úvahu cestující po přepravní trase.

Pro odhad následků havárie použijeme vztah:

$$C_{a,s} = A \cdot d \cdot f_A \cdot f_m$$

kde:

$C_{a,s}$  – následky (počet smrtelných zranění/událostí)

$A$  – ovlivněná oblast udávaná v ha, kdy  $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$

$d$  – hustota populace v zalidněném území uvnitř zasažené oblasti (obyvatelé/ha)

$f_A$  – korekční faktor pro distribuci lidí v ovlivněné oblasti (část kruhu)

$f_m$  – korekční faktor zahrnující zmírnění následků

(IAEA, 1996)

### **Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie**

Pro stanovení frekvence havárií za přítomnosti nebezpečné látky je nutné pro každou výrobu odhadnout pravděpodobnostní číslo  $N_{i,s}$ .

Hodnota  $N_{i,s}$  se určuje podle rovnice:

$$N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_l + n_f + n_o + n_p$$

kde:

$N^*_{i,s}$  – střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro stanovenou jednotku

$n_l$  – korekce podle frekvence zatěžování

$n_f$  – korekce na bezpečnost pro hořlavou látku

$n_o$  – korekce zahrnující organizační opatření

$n_p$  – korekce zahrnující vliv směru větru s ohledem na polohu obydlené oblasti

(IAEA, 1996)

### **Odhad společenského rizika**

Každá činnost je členěna pomocí stupnice následků a pomocí stupnice pravděpodobnosti výskytu události. Nebezpečné aktivity, se kterými se uvažovalo ve vyhraněné oblasti, se znázorní v matici. Matice názorně a přehledně popisuje relaci mezi pravděpodobností a následky událostí.

## **Stanovení priorit rizika**

Stanovit priority rizika musíme ještě před tím, než začneme řešit danou úlohu. Při určování individuálních rizik mají prioritu činnosti, které vykazují velmi značnou pravděpodobnost a vážné následky. Znaky akceptovatelnosti můžeme zvolit následujícím způsobem:

- určením mezní hodnoty pravděpodobnosti
- určením mezní hodnoty skupiny následků
- určením kombinace obou výše zmíněných skupin

(IAEA, 1996)

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Kapitola obsahuje popis dvou konkrétních míst, kde se skladují nebezpečné chemické látky, dále vyhodnocení míry rizika zařízení pomocí metody TEC-DOC 727 a navržení doporučení, která vyplynula ze zjištění metody.

### 4.1 Areál Kraví Hora v Brně

Areál můžeme najít na ulici Údolní 76 v Brně. Majitelem areálu je městská část Brno – střed. Provozovatel je samotný areál a příspěvková organizace městské části Brno – střed. Na jihu Kraví hory se v roce 1975 dokončil Areál Tělovýchovné jednoty Moravské Slávie. Skládal se ze saun, bazénů a luk (Kraví hora, 2020).

V roce 2000 až 2002 začal vznikat projekt k rekonstrukci koupaliště a výstavby vnitřních bazénů. Krátce po roce 2002 začala jeho realizace. Předání areálů se uskutečnilo 1. května 2004 k příležitosti vstupu ČR do Evropské unie. Projekt navrhnul Antonín Novák. Stavba je unikátní svým umístěním a řešením. Areál převládá nerezovými prvky, příjemným betonem a prosklenými stěnami, které umožňují výhled na Brno. Městský vodovodní řád zajišťuje zásobu vodou do areálu prostřednictvím přivedené přípojky. Na ostatní věci spojené s vodou jako je závlaha, splachování záchodů a sprchování se používá dešťová voda (Kraví hora, 2020).

#### 4.1.1 Vnitřní areál

Ve vnitřním areálu se nachází krytá hala, která je postavena do čtverce s dřevěnou konstrukcí a skleněnými stěnami po celém obvodu. Součástí je plavecký bazén, brouzdaliště pro děti, relaxační bazén a parní lázeň. Plavecký bazén obsahuje 6 drah a disponuje bezbariérovým přístupem do vody, který slouží pro výuku plavání a neplavcům. V bazénu se nachází tři masážní chrliče a perlička. Ve vířivém bazénku se vejde až 15 osob, je zde barevné osvětlení a lavice na sezení. Parní sauna dokáže pojmout až 12 osob a čítá teplotu okolo 48°C a vlhkost přes 90%. Vnitřní areál pojme až 165 osob a objem vody všech vnitřních bazénů je přibližně 650 m<sup>3</sup>. Bazény jsou pokryty stejně jako okolní příslušenství pokryty nerez ocelí. Díky tomu se bazén čistí a velmi dobře se chrání proti mechanickému poškození. Okraje jsou vyvýšeny a za nimi se nachází přelivné žlaby, kam voda odtéká. Podlaha je v okolí bazénu vydlážděna. Dvě kogenerační jednotky uvnitř

areálu zajišťují světlo a teplo. Vzduchotechnika zajišťuje jak ohřev vzduchu, tak i odvlhčování vzduchu s ohledem na dřevěné konstrukce uvnitř areálu. Strojovna se nachází pod relaxačním bazénkem (Krytá plavecká hala, 2020).

Ve strojovně se nachází dvě akumulční jímky. Používají pískové filtry bez mezidna od firmy Culligan. Pro úpravu výřivkové vody se používá aktivní uhlí s filtrem s náplní 20 – 30 cm. Jednotlivé bazény mají svůj vlastní dávkovací systém. Do obou bazénů se dávkuje chlornan sodný s koncentrační hodnotou 15%, dále středotlaký ozón a UV záření. Jako koagulant se většinou používá síran hlinitý, popřípadě síran železitý. Provozovatelé bazénu jsou s touto dezinfekční technologií velice spokojeni pro její dobrou manipulaci (Krytá plavecká hala, 2020).

### **4.1.2 Vnější areál**

Venkovní areál čítá dva bazény, které jsou vyrobeny z nerez oceli a které jsou dohřívány pro větší pohodlí zákazníků. Bazény disponují, stejně jako krytý bazén, bezbariérovým přístupem. Na délku má bazén 50 metrů a hloubku od 0,7 do 1,75 metru. Mezi vodní atrakce, které se nacházejí u bazénu, můžeme zařadit vodní lavice, masážní chrliče, skluzavku a duhu. Bazén je vhodný i pro kondiční plavání díky drahám na plavání. Dětský bazén je dlouhý 12,5 metru s hloubkou 0,7 metru (Kráví hora, 2020).

Maximální kapacita venkovního areálu je 1700 lidí na hodinu a objem vody čítá okolo 1200 m<sup>3</sup>. Venkovní areál má na rozdíl od vnitřního pouze jednu akumulční jímku a z této jímky je potrubí větveno do jednotlivých koutů areálu. V každé větvi se nachází dávkovací zařízení chemikálií. Úprava vody se zajišťuje pomocí pískové filtrace se dvěma vrstvami frakcí. Stejně jako na dezinfekci vnitřního bazénu, i pro venkovní se používá chlornan sodný 15%. Dezinfekční roztoky provozovatelům areálu Kraví hora dodává firma Lifetech a VIA – REK a.s. Na obrázku níže je areál Kraví hora i s přilehlým okolím z ptačí perspektivy (Kráví hora, 2020).



Obrázek č. 5: Areál Kraví hora s přilehlým okolím

## 4.2 Stadion Lužánky

Areál můžeme najít na adrese Sportovní 4 v Brně. Brno je z 98 % majitelem tohoto plaveckého bazénu. Od roku 2010 do dnešní doby spravuje stadion Lužánky společnost STAREZ SPORT, a. s., která má pod správou také koupaliště Riviéra, aquapark Kohoutivice, Zábrdovice a Ponávku. Všechny vyjmenované komplexy se nacházejí v Brně. Bazén, který se v Lužánkách nachází, má hlubokou historii. Již roku 1959 byla vypracována první verze investičního záměru.

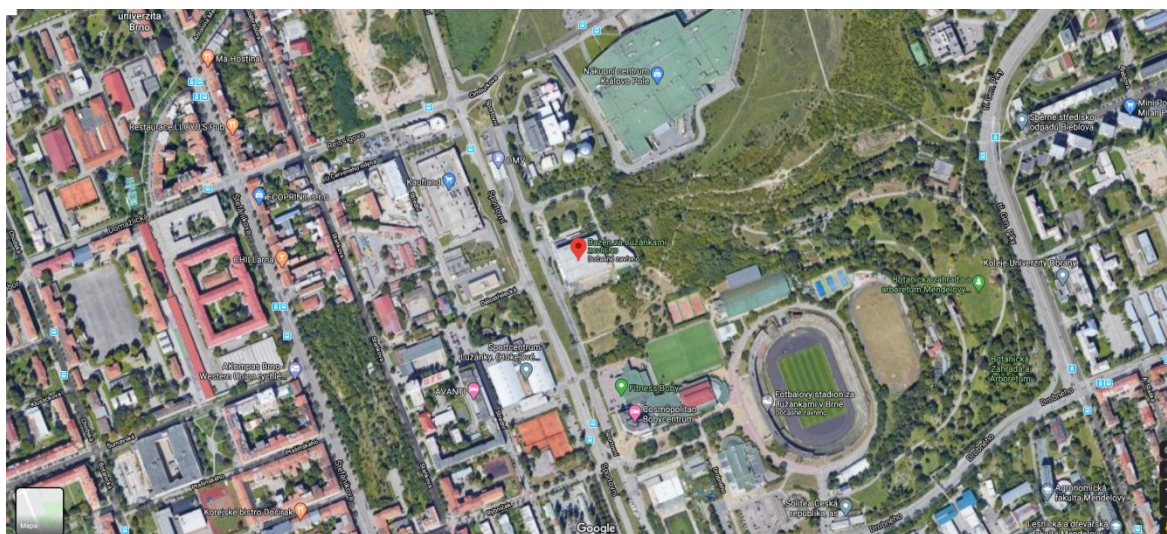
V roce 2010 proběhla rekonstrukce, kdy se vyměňovala okna, střecha prošla pár úpravami a zrekonstruovaly se ženské sprchy a šatny. Rok na to se opravila fasáda a pánské sprchy a šatny. V roce 2012 firma STAREZ SPORT, a. s. prohlásila, že má do budoucna v plánu ještě pár rekonstrukcí provést (Městský plavecký stadion Lužánky, 2020).

Plavecký stadion disponuje padesáti jedna metrovým bazénem, který je široký 21 m a obsahuje 8 drah i pro vrcholové sportovce. Minimální hloubka čítá 1,8 m a maximálně se lze ponořit až do 5 m. Díky této hloubce má bazén široké využití. Nachází se zde skokanská věž s prkny. Voda se ohřívá do maximální teploty 28 °C. Také se zde nachází rekreační bazének s teplotou vody okolo 33 °C a hloubkou 0,8 m. Plocha tohoto bazénu je 40 m<sup>2</sup> a kapacita čítá skoro 60 osob najednou. Celková kapacita areálu se odhaduje na 282 návštěvníků a objem vody v areálu se odhaduje na 1050 m<sup>3</sup>. Samotný bazén i jeho okolí jsou pokryty keramickými dlaždicemi. Rekreační bazén je na druhou stranu

z železobetonu, který je navíc opatřen hydroizolační stěrkou, horní okraj bazénu je z keramické dlažby (Městský plavecký stadion Lužánky, 2020).

Zásobování areálu zajišťuje voda z vodovodního řadu. Dříve se na sprchování a splachování používala užitková voda. Nyní se na oboje používá upravená bazénová voda. Ve strojovně se nalézá železobetonová akumulární jímka jak pro plavecký bazén, tak i pro relaxační bazén. Strojovna taktéž obsahuje čtyři pískové filtry s mezidnem a třemi vrstvami písku různé frakce, které se perou s vodou. Dezinfekční činnost je z 99,8 % zajištěna pomocí plynného chloru a skalici modrou. Dávkování chemie je pro oba bazény stejné. Provozovatelé jsou s touto dezinfekcí spokojeni a nemají v plánu přejít na odlišnou technologii. Plynný chlór dodává firma GHC a skalici modrou dodává firma VIA – REK a. s. (Městský plavecký stadion Lužánky, 2020).

Stadion Lužánky obsahuje mnoho zajímavostí, které normální člověk mnohdy ani neví. Jednou z nich je mezidno u plaveckého bazénu, které původně navrhli na upouštění bazénu. Díky své velké hloubce, kterou plavecký bazén disponuje, se tak stává nebezpečným pro malé děti. Právě proto bylo mezidno vymyšleno, aby v případě potřeby pro malé děti, mohla být hloubka vody snížena. Bohužel si při stavění této konstrukce neuvědomili, že při upouštění bazénu klesá výška hladiny, ale stěny zůstávají stejně vysoké. Díky tomu hrozí nebezpečí pádu z výšky do malé hloubky. Proto se mezidno nepoužívá. Další zajímavost je vzduchotechnika, která je už velmi stará, ale pořád funkční. Ohřev vody, aby byla dostatečně ohřátá, zajišťuje bojler. Na následujícím obrázku se nachází ptačí perspektiva Areálu Lužánky a přilehlého okolí (Městský plavecký stadion Lužánky, 2020).



Obrázek č. 6: Areál Lužánky s přilehlým okolím

## 4.3 Vyhodnocení nebezpečí a posouzení rizika u jednotlivých zařízení

Pro vyhodnocení nebezpečí a posouzení rizika u jednotlivých zařízení byla použita metoda TEC – DOC 727.

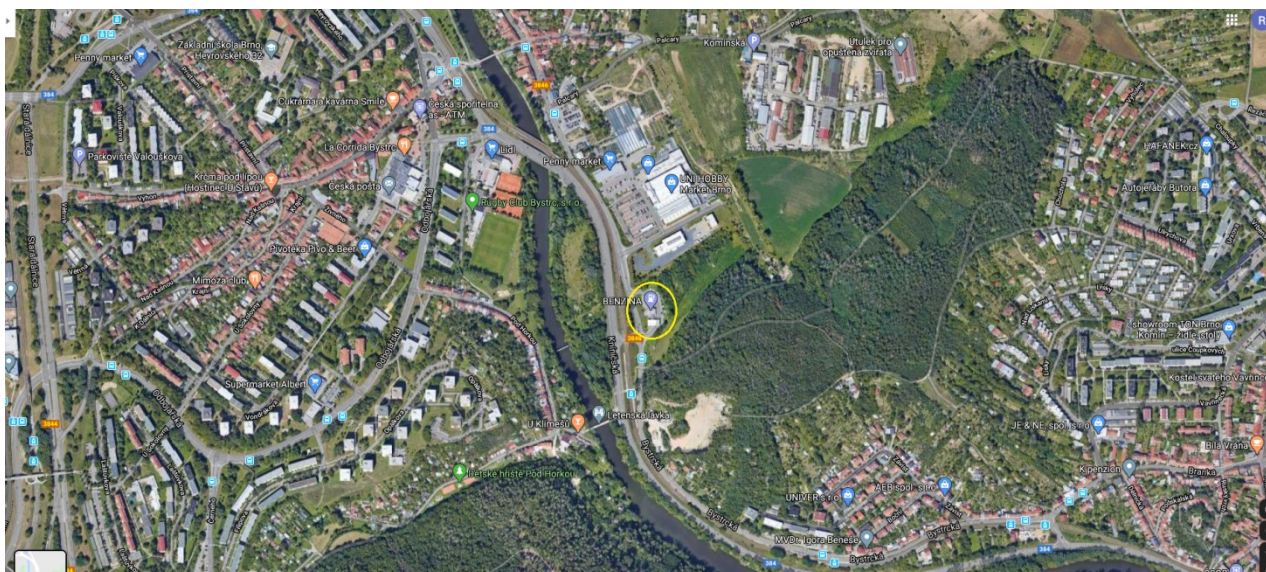
### Posuzovaná čerpací stanice

Posuzovaná čerpací stanice se nachází v městské části Brno – Bystrc. Městská část je rozlohou největší městskou částí i katastrálním úřadem v Brně. Stanice se nachází na ulici Bystrcká. V okolí se nachází zoologická zahrada, Uni HOBBY Market Brno, Rugby Club Bystrc, Penny market, Lidl, hospoda U Klimešů a dětské hřiště pod Horkou. Podél čerpací stanice teče řeka Svratka, která se táhne až do městské části Brno – Komín. Kolem čerpací stanice vede hlavní silnice, po které jezdí autobusy MHD a vedle vedou koleje. Na sever od stanice se nacházejí sklady firem a dále pak rodinné domy. Přes řeku Svratku se také nacházejí rodinné domy a pár menších firem jako Pneu servis, Elektro Podlášek a další. Na jih přes řeku se nachází pouze lesnatý porost a na jiho-východ se nachází městská část Brno – Komín, kde na okraji směrem k čerpací stanici sídlí rodinné domy.

Pohonné hmoty se v čerpací stanici skladují ve třech dvouplášťových nádržích. Jedna nádrž slouží jako úschovna na naftu, která čítá objem 50 000 litrů. Na benzín jsou vyčleněny dvě nádrže, každá má objem 60 000 litrů. Kvůli maximalizaci produktu jsou tyto dvě nádrže ještě rozčleněny na 2 x 30 000 litrů a 15 000 a 45 000 litrů. Všechny nádrže jsou tak rozděleny na celkem 5 oddělených kójí. Z toho důvodu, že se na čerpací stanici prodává celkem 5 produktů pohonných hmot. Na obrázku níže je posuzovaná čerpací stanice z ptačí perspektivy i s přilehlým okolím (Benzina, 2020).

Tato čerpací byla původně vybrána pro zhodnocení technologického rizika metodou TEC – DOC 727, ale díky malému množství uskladňovaného benzínu (ref. číslo 4) od toho bylo upuštěno. Množství benzínu, které se na této čerpací stanici nachází, je pouze 120 tun. V tabulce I v Příloze A je jasně vidět, že tato hodnota představuje prakticky zanedbatelný účinek a počáteční hodnota, kdy by mohlo reálně hrozit riziko je 200 tun. Na místo toho bylo vybráno druhé zařízení, které skladuje nebezpečnou látku – chlór. Jako druhé zařízení pro komparaci s prvním – Kraví Horou, byly vybrány Lužánky, přesněji plavecký bazén, který se zde nachází. Budou provedeny výpočty pomocí metody TEC –

DOC 727 a následně komparace výhod a nevýhod jednotlivých zařízení. Na obrázku níže můžeme vidět ptačí pohled na danou benzínku a přilehlé okolí.



Obrázek č. 7: Posuzovaná čerpací stanice s přilehlým okolím

### **Zařízení: Areál Kraví Hora – lahve s kapalným chlórem**

#### **Odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo**

Zdroj možného nebezpečí:	Chlór v kapalně podobě
Množství nebezpečné látky:	180 kg
Referenční číslo nebezpečné látky:	32
Kódové označení havárie podle tabulky č. I v Příloze A:	CII
Vzdálenost účinků havárie podle tabulky č. II v Příloze A:	50-100 m
Velikost zasažené plochy (hodnota „A“) podle tabulky II v Příloze A:	1,5 ha
Hustota obyvatelstva (hodnota „d“) v postižené oblasti podle tabulky č. III v Příloze A:	140 obyvatel/ha

Korekční faktor (hodnota „ $f_A$ “) znázorňuje rozložení obyvatelstva podle tabulky č. IV v Příloze A:	1,0
Korekční faktor (hodnota „ $f_m$ “) popisuje hodnoty zmírnění následků podle tabulky č. V v Příloze A:	0,1
Výpočet rovnice $C_{a,s} = A \cdot d \cdot f_A \cdot f_m$ se všemi dosazenými hodnotami:	<b>21 fatálních zranění</b>
<b>Odhadnutí následků havárie pro fixní zařízení</b>	
Střední hodnota pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}^*$ pro fixní zařízení podle tabulky č. I v Příloze B:	5,0
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_l$ na frekvenci stáčení podle tabulky č. II v Příloze B:	0,5
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_f$ pro hořlaviny podle tabulky č. III v Příloze B:	0,0
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_o$ na organizační opatření bezpečnosti podle tabulky č. IV v Příloze B:	0,5
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_p$ na směr větru vzhledem k obydlené oblasti podle tabulky č. V v Příloze B:	0,5
Výpočet rovnice $N_{i,s} = N_{i,s}^* + n_l + n_f + n_o + n_p$ se všemi dosazenými hodnotami:	6,5
Konverze pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}$ k určení četnosti havárií P podle tabulky č. VI v Příloze B:	<b><math>3 \times 10^{-7}</math></b>

## **Zařízení: Areál Lužánky – lahve s kapalným chlórem**

### **Odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo**

Zdroj možného nebezpečí:	Chlór v kapalné podobě
Množství nebezpečné látky:	175 kg
Referenční číslo nebezpečné látky:	32
Kódové označení havárie podle tabulky č. I v Příloze A:	CII
Vzdálenost účinků havárie podle tabulky č. II v Příloze A:	50-100 m
Velikost zasažené plochy (hodnota „A“) podle tabulky II v Příloze A:	1,5 ha
Hustota obyvatelstva (hodnota „d“) v postižené oblasti podle tabulky č. III v Příloze A:	110 obyvatel/ha
Korekční faktor (hodnota „f <sub>A</sub> “) znázorňuje rozložení obyvatelstva podle tabulky č. IV v Příloze A:	1,0
Korekční faktor (hodnota „f <sub>m</sub> “) popisuje hodnoty zmírnění následků podle tabulky č. V v Příloze A:	0,1
Výpočet rovnice $C_{a,s} = A \cdot d \cdot f_A \cdot f_m$ se všemi dosazenými hodnotami:	<b>17 fatálních zranění</b>

### **Odhadnutí následků havárie pro fixní zařízení**

Střední hodnota pravděpodobnostního čísla $N^*_{i,s}$ pro fixní zařízení podle tabulky č. I v Příloze B:	8,0
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_1$ na frekvenci stáčení podle tabulky č. II v Příloze B:	0,5

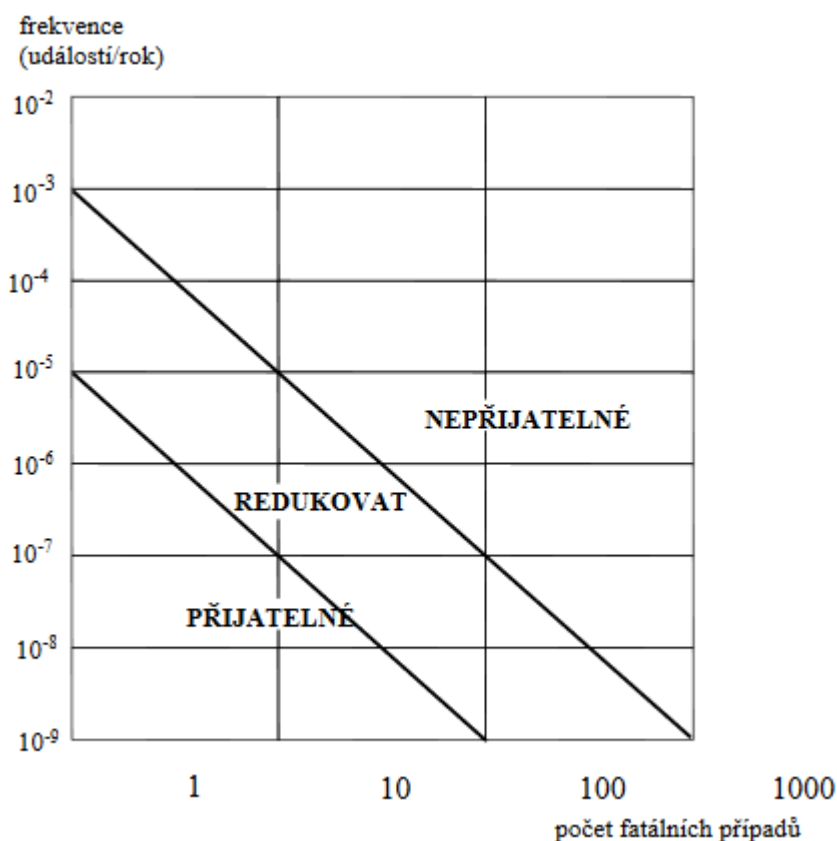
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_f$ pro hořlaviny podle tabulky č. III v Příloze B:	0,0
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_0$ na organizační opatření bezpečnosti podle tabulky č. IV v Příloze B:	0,0
Korekce pravděpodobnostního čísla $n_p$ na směr větru vzhledem k obydlené oblasti podle tabulky č. V v Příloze B:	0,5
Výpočet rovnice $N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_l + n_f + n_0 + n_p$ se všemi dosazenými hodnotami:	9,0
Konverze pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}$ k určení četnosti havárií P podle tabulky č. VI v Příloze B:	<b><math>1 \times 10^{-9}</math></b>

Z dat, která jsme získali aplikováním metody TEC – DOC 727 pro odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo jsme se dozvěděli, že havárie kapalného chlóru v tlakových lahvích v areálu Kraví Hora by měla za následek **21 fatálních zranění**. Pravděpodobně by se jednalo o návštěvníky plaveckého bazénu a některé pracovníky, kteří by byli na místě havárie. Díky druhému výpočtu, který se týkal odhadnutí následků havárie pro fixní zařízení, jsme zjistili hodnotu pravděpodobnostního čísla P, které se rovnalo  **$3 \times 10^{-7}$** . Když se podíváme na obrázek č. 8, který se nachází trošku níže, tak si z obrázku můžeme vyvodit, že se naše vypočtená hodnota pohybuje v Přijatelném riziku.

Druhé zařízení, na které jsme aplikovali metodu pro odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo, byl areál Lužánky. Plavecký areál se na rozdíl od Kraví Hory nachází na severu Brna v Králově Poli. Je zde menší hustota obydlí a také menší provoz. Při výpočtu již zmíněného vzorce nám vyšel výsledek **17 fatálních zranění**. Toto číslo je o trošku menší než předchozí vypočtená hodnota. Může to být tím, jak jsem se již zmínil, že je v okolí menší hustota osídlení a areál je trošku „z ruky“. Stejně jako předchozí příklad, zranění by byli návštěvníci areálu plaveckého bazénu a pracovníci, kteří by se v době havárie nacházeli v práci. Při druhém výpočtu, který jsme aplikovali na areál Lužánky, jsme dostali hodnotu pravděpodobnostního čísla  $P = 1 \times 10^{-9}$ . Když se opět podíváme do tabulky č. 8, tak se můžeme podívat, že hodnota se také pohybuje v Přijatelném riziku.

Hodnota vyšla lépe než u prvního výpočtu. Je to tím, že Areál Lužánky v srpnu minulého roku prošel obrovskou rekonstrukcí. Vyměňovali se staré potrubí, nádrže s jímkami, kudy proudil chlór a čistil bazény apod. Plus se za plaveckým bazénem rozšiřovalo wellness centrum. Když se podíváme na komparaci těchto dvou areálů, tak je logické že Kraví Hora bude mít více návštěvníků, tím pádem i více fatálních zranění. Nachází se v centru Brna, takže dostupnost úplně krásná. Na rozdíl od Lužánek disponuje Kraví Hora venkovním bazénem a hlavně občerstvením, brouzdalištěm a dětským hřištěm. To zaručí, že tento areál navštíví více rodin s malými dětmi. Lužánky naopak disponují velkým, dlouhým bazénem s 8 dráhami pro plavání. Stává se tak terčem spíše kondičních plavců a sportovců. Nyní má nově zrekonstruované wellness centrum, byly přidány i výřivky a sauny. Můžeme tedy areál považovat z půlky spíše za sportovní areál a z půlky za relaxační a pokojné wellness centrum.

Nevýhodou Kraví Hory může být její popularita. Pokud v létě hledáte poklidné plavání, zde ho nenajdete. Ve vrcholné sezóně léta se zde kapacita plní na maximum. Tím pádem i hodně rodin s malými dětmi a ne každému to takto vyhovuje. Nevýhodou areálů Lužánky může být jeho poloha, nachází se na ulici Sportovní v Králově Poli na severu Brna. V okolí areálu můžeme nalézt Kaufland, nákupní centrum Královo Pole, nebo fotbalový stadion za Lužánkami.



Obrázek č. 8: Společenská rizika hodnocených zařízení uvedená v matici rizik

## 4.4 Doporučení

Z výpočtů, které jsme provedli v minulé kapitole, můžeme usoudit, že bezprostřední nebezpečí pro občany i návštěvníky obou areálů není vysoké. Obě koupaliště jsou v dobrém stavu a dodržují bezpečnostní opatření, která se týkají skladování a používání chemické látky. Ovšem v případě havárie tohoto typu je dobré vědět jak se chovat, a proto je níže rozepsána individuální improvizovaná protichemická ochrana. Jedná se o různé části těla a každý, kdo takovou ochranu nezná, by si ji měl co nejdříve nastudovat, protože nikdy nevím, kdy se stane obětí podobně havárie.

Jako nejlepší ochrana před toxickými účinky nebezpečných látek můžeme považovat prostředky pro ochranu dýchacích cest a povrchu těla. Principem improvizované ochrany je využití náležitých oděvních součástí, které můžeme najít v každé domácnosti a díky kterým si můžeme vytvořit ochranu dýchacích cest a povrchu těla. Aby ochrana byla účinná, musíme dbát na následující zásady:

- pokrytý musí být celý povrch těla, nesmí zůstat žádné neodkryté místo
- všechny ochranné prostředky je nutno co nejlépe utěsnit
- k dosažení nejlepších ochranných účinků lze dosáhnout kombinováním ochranných prostředků, nebo použitím několika vrstev oděvu

### Ochrana hlavy

Jako ochranu hlavy se doporučuje použít čepici, šátek, nebo šálu, přes které je vhodné si přetáhnout kapuci. V dalším případě může dobře posloužit ochranná přilba. Může být cyklistická nebo lyžařská. Tento prvek ochrany zároveň chrání nositele před padajícími předměty.

### Ochrana obličeje a očí

Obecně platí zásada, že i ta nejprostší forma ochrany poskytuje ochranu a čím více vrstev na sobě máme, tím více se zvyšuje koeficient ochrany. Použité ochranné oděvy je důležité dostatečně utěsnit u krku, rukávů a nohavic. Krk můžeme těsnit např. šálou, nebo šátkem. Bunda je nutně utěsnit v pase, nejlépe pomocí opasku, či řemene. Netěsné zapínání je nutně utěsnit páskou. Na všechny vrstvy se doporučuje ještě přehodit pláštěnka, která se utěsní pouze u krku. Jako alternativa pláštěnky může posloužit deka, příkrývka, nebo plachta.

## **Ochrana rukou a nohou**

Nejlepším ochranným prostředkem pro ochranu rukou jsou pryžové rukavice. Čím je materiál silnější, tím lépe. Vhodnější jsou delší rukavice, protože ochrání i zápěstí a částečně předloktí. Nemáme – li k dispozici rukavice, musíme si je ovinout látkou, nebo šátkem. Tak budou aspoň částečně chráněné a nepřijdou tak do přímého styku s nebezpečnou látkou. Pro ochranu nohou jsou nejlepší pryžové nebo kožené holínky, kozačky, nebo vysoké boty. Zde je nutné zabezpečit, aby místo mezi nohavicí a botou zůstalo chráněné. Pokud je nohavice volná, stáhneme ji řemínkem, nebo provázkem. Při používání nízkých bot lze odkryté místo ochránit šátkem, nebo si z igelitových tašek a sáčků vyrobit návleky.

## **Vymezení použití improvizované ochrany**

Výše zmíněná ochrana těla je určena především:

- k přesunu osob do úkrytů
- k úniku ze zamořené oblasti
- k překonání zamořeného prostoru
- k ochraně v ochranném prostoru jednoduchého typu
- k evakuaci obyvatelstva

(Prostředky individuální ochrany, 2020)

# ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vyhodnocení vybraných technologických rizik ve městě Brně pomocí kvantitativní metody analýzy rizik IAEA – TEC – DOC 727. Teoretická část byla orientována na definice a přehled základní pojmosloví tykajících se ohrožení lidí, životů a majetku. Byly zde také probrány základy pojmy ochrany obyvatelstva a pojmy s nimi spojené. Dále v práci byly vysvětleny a definovány rizika spojené s nebezpečnými látkami. V práci byly definovány a popsány dvě nebezpečné látky, chlór a benzín. Praktická část popisovala zařízení, které skladují výše zmíněné nebezpečné látky a byly zde odhadnuty následky a pravděpodobnosti vzniku možné havárie pomocí výše zmíněné kvantitativní metody. Na závěr práce byly shrnuty výsledky a doporučeny prostředky individuální protichemické ochrany.

V praktické části byla vybrána dvě zařízení, která skladuje a používá nebezpečnou chemickou látku – chlórem. Jednalo se o areál Kraví Hora, který se nachází v centru Brna a areál Lužánky, který se nachází na severu Brna v části Královo Pole. Obě tyto zařízení manipulují se zmíněnou nebezpečnou látkou. Používají ji pro čištění vody v bazéně.

Původně jako druhé zařízení byla vybrána čerpací stanice Benzina, která se nachází v městské části Brno – Bystrc. Posuzovaná látka měla být benzín, ale protože se zde skladuje malé množství této látky, bylo od toho upuštěno. Odhadované následky podle tabulky č. I v Příloze A byly zanedbatelné. Místo toho bylo vybráno již výše zmíněné zařízení Lužánky a byla provedena komparace s areálem Kraví Hora. V práci byly uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých zařízení.

Pomocí metody IAEA – TEC – DOC 727 byly vyhodnoceny rizika vybraných zařízení stanoveny počty fatálních zranění na lidském zdraví. Pro odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo byla použita rovnice  $C_{a,s} = A \cdot d \cdot f_A \cdot f_m$ , kde  $A$  vyjadřovala hodnotu ovlivněné oblasti v hektarech,  $d$  představovala hustotu obyvatel v zasažené oblasti,  $f_A$  byl korekční faktor pro přepravu lidí v zasažené oblasti, a  $f_m$  vyjadřoval korekční faktor zahrnující zmírnění následků. Tato rovnice nám odhadla počet fatálních zranění v obou posuzovaných zařízeních. Pro odhadnutí četnosti havárie pro fixní zařízení byla aplikována rovnice  $N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_l + n_f + n_o + n_p$ .  $N^*_{i,s}$  představovala střední hodnotu pravděpodobnostního čísla,  $n_l$  vyjadřovala korekci podle frekvence zatěžování,  $n_f$  byla hodnota pro korekci pro bezpečnost pro hořlavou látku,  $n_o$  byla korekce zahrnující organizační opatření a  $n_p$  představovala korekci zahrnující vliv směru větru v postižené oblasti. Všechny hodnoty obou těchto rovnic jsou uvedeny v přílohách na konci práce.

Data, která jsme získali po výpočtu obou rovnic, jsou ve své míře přijatelné. Z hlediska odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo bylo zjištěno, že havárie tohoto typu nepředstavuje ohrožení pro obydlené okolí obou vybraných zařízení. Zaměstnanci a návštěvníci areálů jsou vystaveni mírnému riziku. Vybraná zařízení skladují a manipulují s nebezpečnou látkou podle stanovených norem. Z hlediska četnosti havárie pro fixní zařízení bylo u obou vybraných areálů zjištěno přijatelné riziko. Zařízení používají moderní vybavení, čímž jsou myšleny nádoby a místnosti, kde se chlór skladuje a způsob, jakým tuto nebezpečnou látku používají.

Z výsledků, které byly v práci zjištěny vyplynulo, že obydlená okolí zasažených oblastí nejsou ve smrtelném ohrožení. Samozřejmě nějaké riziko zde bude pořád. V těchto případech je dobré, aby lidé věděli jak se chovat a hlavně jak se chránit před takovým typem hrozeb. Je důležité znát základy improvizované protichemické ochrany.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## Odborná literatura

HORÁK, Rudolf, ed. A SCHWARZ, Rudolf, ed., 2006. *Bezpečnost -připravenost - ochrana obyvatelstva: 4. mezinárodní konference CM - Crisis management: jako oficiální doprovodný program veletrhů Pyros, ISET 2006, INTERPROTEC: 18. května 2006, Brno.* 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 349 s. ISBN 80-7231-141-7

International Atomic Energy Agency (IAEA), 1996. *Manual for the Classification and Prioritization of Risks due to Major Accidents in Process and Related Industries.* TECDOC-727. Vienna: IAEA, 1996. ISSN 1011-4289

HRADIL, Jaroslav, Otakar MIKA, Miroslav MUSIL, Bohuslav SVOBODA, Jabub RAK a Dušan VIČAR. *Základy ochrany obyvatelstva v České republice.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení, 2018. ISBN 978-80-7454-774-4.

KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek.* Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. ISBN 80-86640-23-X.

ZEMAN, Miloš a Otakar MIKA. *Ochrana obyvatelstva.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007. ISBN 978-80-214-3449-3.

ZPĚVÁK, Aleš, František FÍLA, Tereza JONÁKOVÁ a Jiří VÍSEK. *Ochrana obyvatelstva v republikovém měřítku.* Praha: UNIVERZITA JANA AMOSE KOMENSKÉHO PRAHA, 2004. ISBN 978-80-7452-044-0.

*Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030.* Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2013. ISBN 978-80-86466-50-7.

*Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skriptá,* 2015. Vydání první. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 323 s. ISBN 978-80-86466-62-0

## Internetová literatura

*Benzina v proměnách času* [online]. 2008. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.benzina.cz/CS/o-nas/Documents/Benzina-v-promenach-casu.pdf>

*Dekontaminace* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/dekontaminace>

*Hasičský záchranný sbor České republiky: Kritická infrastruktura* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/web-krizove-rizeni-a-cnp-kriticka-infrastruktura-kriticka-infrastruktura.aspx>

In: *Chemická rizika: Havárie a životní prostředí* [online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2017 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/HZP\\_2017\\_3\\_04.pdf](http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/HZP_2017_3_04.pdf)

In: *Zásady dekontaminace* [online]. Brno: Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, 2012 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/ENV012/um/ENV012\\_Lekce\\_10.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/ENV012/um/ENV012_Lekce_10.pdf)

*Koupaliště Kraví hora: Krytá plavecká hala* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.kravihora-brno.cz/kryta-plavecka-hala>

*Kraví hora: Povídky ze stavby bazénu na Kraví hoře* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://www.hvezdarna.cz/kravihora/index.php?sekce=koupaliste\\_kravi\\_hora](https://www.hvezdarna.cz/kravihora/index.php?sekce=koupaliste_kravi_hora)

*KRIZPORT: Benzín - bezolovnatý* [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/benzin-automobilovy-bezolovnaty>

*KRIZPORT: Chlor* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/chlor-kapalny>

*Vše o palivech: Výroba paliv* [online]. [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/vse-o-palivech-vyroba-paliv-3-dil.html>

*Význam a využití chloru a jeho sloučenin* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/chlor/vyznam/vyznam\\_uvod1.html](https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/chlor/vyznam/vyznam_uvod1.html)

*HZS ČR: Prostředky individuální ochrany* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/prostredky-individualni-ochrany-prostredky-individualni-ochrany.aspx>

# SEZNAM ZKRATEK

A	Ovlivněná oblast
$C_{a,s}$	Množství smrtelných zranění a událostí
CO	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
d	Hustota obyvatel v zalidněné oblasti uvnitř zasažené oblasti
EU	Evropská unie
$f_A$	Korekční faktor na distribuci osob v zasažené oblasti (část kruhu)
$f_d$	Korekční faktor na distribuci osob v zasažené oblasti (vzdálenost)
$f_m$	Korekční faktor zahrnující snížení následků
FO	Fyzická osoba
GŘ	Generální ředitelství
HPK	Havarijní plán kraje
HPK	Havarijní plán kraje
HZS	Hasičský záchranný sbor
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
IZS	Integrovaný záchranný systém
KI	Kritická infrastruktura
KŘ	Krajské ředitelství
KS	Krizová situace
MU	Mimořádná událost

MV	Ministerstvo vnitra
$N_{i,s}^*$	Střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro stanovenou látku a jednotku
NATO	Severoatlantická aliance
$n_f$	Korekce na bezpečnost pro hořlavou látku
$N_{i,s}$	Pravděpodobnostní číslo
$n_l$	Oprava podle frekvence zatěžování
$n_o$	Korekce zahrnující organizační opatření
$n_p$	Korekce zahrnující vliv směru větru s ohledem na polohu obydlené oblasti
OPIS	Operační a informační středisko
ORP	Obec s rozšířenou působností
PaPFO	Práva a povinnosti podnikajících fyzických osob
PO	Právnícká osoba
SaP	Síly a prostředky
TEC – DOC	Metoda posuzování rizik
USA	Spojené státy americké
ZaLP	Záchranné a likvidační práce

# SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A: Tabulky metody IAEA TEC – DOC 727 pro odhadnutí následků havárie pro obyvatelstvo
- Příloha B: Tabulky metody IAEA TEC – DOC 727 pro odhadnutí četnosti havárie pro fixní zařízení

# PŘÍLOHY

## Příloha A

Tabulka č. I: Kódové označení účinků havárie podle množství látky

Refer. číslo	Množství (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	> 10000
1	-	-	-	-	-	AI	BI	BI	CI
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	AI	BI	CI	DII	X	X
4	-	-	-	-	-	BI	CII	CII	DII
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	BII	CII	DII	EII	X	X
7	-	AI	BI	CI	DI	EI	X	X	X
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	BII	CIII	CIII	DIII	EIII	X	X	X
10	-	-	-	-	-	BI	CII	CII	DII
11	-	-	-	BII	CII	DII	EII	X	X
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	CIII	CII	CI	CI	X	X	X
14	AI	BI	BI	CI	CI	DI	X	X	X
15	BIII	BIII	CIII	CI	CI	DI	X	X	X
16	-	-	-	-	-	AII	AII	BII	CIII
17	-	-	-	AIII	AII	BII	CII	CII	CII
18	-	-	-	AIII	BIII	DIII	EIII	FIII	FIII
19	-	AII	CIII	DIII	X	X	X	X	X
20	-	BII	DIII	EIII	FIII	GIII	X	X	X
21	-	BII	CIII	DIII	EIII	FIII	FIII	X	X
22	-	-	AII	BIII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII
23	BII	CII	DIII	EIII	X	X	X	X	X
24	CII	DII	EIII	FIII	GIII	GIII	X	X	X
25	BII	CII	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	X	X
26	AII	BII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII	HIII	HIII
27	CII	DIII	EIII	FIII	X	X	X	X	X
28	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X
29	CIII	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X
30	AII	BII	BII	CIII	CII	DIII	DIII	DIII	EIII
31	BII	CII	CII	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	HIII
32	CII	DIII	EIII	EIII	FIII	GIII	GIII	X	X
33	DIII	EIII	FIII	GIII	GIII	HIII	X	X	X
34	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
35	-	-	-	AII	AII	BII	BII	CII	DIII
36	-	AII	BII	CII	DIII	DIII	EIII	FIII	GIII
37	BII	CII	DIII	EIII	EIII	FIII	FIII	GIII	HIII
38	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	GIII	X	X	X
39	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	-	-	-	BII	DIII	EIII	EIII	X	X
44	-	AII	AII	CIII	EIII	FIII	FIII	X	X
45	-	-	AII	BII	CIII	DIII	DIII	X	X
46	-	-	-	AII	CIII	DIII	DIII	X	X

Symbol (X) znamená takovou kombinaci látka-množství, která se v praxi nevyskytuje, symbol (-) znamená prakticky zanedbatelný účinek.

Údaje označeny  jsou ve srovnání s původní verzí metody z roku 1993 upraveny.

Tabulka č. II: Maximální dosah a velikost zasažené plochy

Kategorie účinků na vzdálenost (m)	Velikost zasažené plochy (ha)			
	I	II	III	
<b>A</b>	0-25	0,2	0,1	0,02
<b>B</b>	25-50	0,8	0,4	0,1
<b>C</b>	50-100	3	1,5	0,3
<b>D</b>	100-200	12	6	1
<b>E</b>	200-500	80	40	8
<b>F</b>	500-1000	-	-	30
<b>G</b>	1000-3000	-	-	300
<b>H</b>	3000-10000	-	-	1000

Tabulka č. III: Hustota obyvatelstva podle oblasti

Charakteristika oblasti	Hustota obyvatel v oblasti d [ obyvatel / ha ]
Zemědělská oblast	5
Jednotlivá obydlí	10
Vesnice, klidná obytná oblast	20
Obytná čtvrť / zástavba	40
Rušná obytná čtvrť	80
Centrum měst, nákupní centrum, sídliště	150

Tabulka č. IV: Korekční faktor  $f_A$  znázorňuje rozložení obyvatelstva v zasažené oblasti

Kategorie zasažené oblasti	Podíl obydlené ze zasažené plochy				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	1	0,5	0,2	0,1	0,05
II	1	1	0,4	0,2	0,1
III	1	1	1	1	1

Tabulka č. V: Korekční faktor  $f_m$  popisuje hodnoty zmírnění následků

Látky podle referenčního čísla	faktor $f_m$
hořlaviny (1 - 12)	1
hořlaviny (13)	0,1
výbušniny (14,15)	1
toxická kapalina (16-29,43-46)	0,05
toxické plyny (30-34,40-42)	0,1
toxické plyny (35-39)	0,05

Zdroj: IAEA, 1996

## Příloha B

Tabulka č I: Střední hodnota pravděpodobnostního čísla  $N^*_{i,s}$  pro fixní zařízení

Látka	Referenční číslo	Aktivita / činnost	
		Skladování	Proces
Hořlavá kapalina	(1-3)	8	7
Hořlavá kapalina	(4-6)	7	6
Hořlavý plyn	(7)	6	5
Hořlavý plyn	(9)	7	6
Hořlavý plyn	(10, 11)	6	-
Hořlavý plyn	(13)	4	-
Výbušniny	(14, 15)	7	6
Toxická kapalina	(16-29)	5	4
Toxický plyn	(30-34)	6	5
Toxický plyn	(35-39)	6	-
Toxický plyn	(42)	5	4
Produkty hoření	(43-46)	3	-

Tabulka č. II: Korekce pravděpodobnostního čísla  $n_I$  na frekvenci plnění/stačení

Frekvence plnění/stačení <sup>2</sup> (za rok)	Parametr
1-10	+0.5
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1.5
500-2000	-2

Tabulka č. III: Korekce pravděpodobnostního čísla  $n_f$  pro hořlaviny

Látka (referenční číslo)	bezpečnostní opatření počet tlakových lahví	Parametr
Hořlavý plyn (7, 13)	sprinklerový systém	+0.5
Hořlavý plyn (10)	dvojitý plášť	+1
Hořlavý plyn (13)	požární stěna	+1
	sprinklerový systém	+0.5
	5-50 uskladněných lahví	+1
	50-500 uskladněných lahví	0
	> 500 uskladněných lahví	-1

Tabulka č. IV: Korekce pravděpodobnostního čísla  $n_0$  na řízení bezpečností

nadprůměrné provozní zkušenosti/praxe	+0.5
průměrné provozní zkušenosti/praxe	0
podprůměrné provozní zkušenosti/praxe	-0.5
špatné provozní zkušenosti/praxe	-1
neexistující provozní zkušenosti/praxe	-1.5

Tabulka č. V: Korekce pravděpodobnostního čísla  $n_p$  na směr větru vzhledem k obydlené oblasti

kategorie zasažené plochy	Část zasažené plochy v (%) , kde žijí lidé				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	0	0	0	0	0
II	0	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5
III	0	+0.5	+0.5	+1	+1.5

Tabulka č. VI: Konverze pravděpodobnostního čísla na frekvenci P (případy za rok)

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0.5	$3 \cdot 10^{-1}$	5.5	$3 \cdot 10^{-6}$	10.5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1.5	$3 \cdot 10^{-2}$	6.5	$3 \cdot 10^{-7}$	11.5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2.5	$3 \cdot 10^{-3}$	7.5	$3 \cdot 10^{-8}$	12.5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3.5	$3 \cdot 10^{-4}$	8.5	$3 \cdot 10^{-9}$	13.5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4.5	$3 \cdot 10^{-5}$	9.5	$3 \cdot 10^{-10}$	14.5	$3 \cdot 10^{-15}$

(IAEA, 1996)