

Jaderné havárie

Bc. Lucie Vašíčková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Vašíčková**
Osobní číslo: **A12287**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Jaderné havárie**
Téma anglicky: **Nuclear Accidents**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na téma průmyslových havárií s důrazem na jaderné havárie.
2. Vysvětlete postupy při řešení průmyslových havárií z pohledu Speciálních bezpečnostních technologií.
3. Popište bezpečnostní rizika jaderných havárií.
4. Uveďte technologický postup řešení jaderných havárií.
5. Navrhněte předpokládaný vývoj jaderné energetiky a její ochrany z hlediska kritické infrastruktury.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-889-4.
2. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti II. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-631-9.
3. LAUCKÝ, Vladimír. Speciální bezpečnostní technologie. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-762-0.
4. LAUCKÝ, Vladimír. Řízení technologických procesů v průmyslu komerční bezpečnosti. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006.
5. Kolektiv autorů. Terorismus a my. Praha: Computer press, 2001. ISBN 80-7226-584-9.
6. PORADA, V. a kolektiv. Policejní vědy. Plzeň: Aleš Čeněk s.r.o., 2011. ISBN 978-80-7380-314-8.
7. Předpis č. 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). Zakonprolidi.cz [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <http://www.zakonprolidi.cz/cs/2000-240>.
8. Předpis č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. Zakonprolidi.cz [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <http://www.zakonprolidi.cz/cs/2000-239>.

Vedoucí diplomové práce:

JUDr. Vladimír Laucký

Ústav bezpečnostního inženýrství


Datum zadání diplomové práce:

7. února 2014


Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: VAŠÍČKOVÁ LUCIE

Obor: BTSM

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12. 5. 2014



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací.

(1) Vysoká škola nevydávajíc zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3.

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

¹¹ Zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zpracována jako manuál pro bezpečnostní manažery. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou zpracovány teoretické poznatky z oblasti průmyslových havárií. Jsou zde uvedeny typy havárií a jejich příčiny, legislativa týkající se průmyslových havárií a další kapitola popisuje základní teoretické poznatky z oblasti jaderné fyziky. V praktické části jsou popsány největší jaderné havárie, jejich příčiny a vliv na další rozvoj jaderné energetiky. Závěr praktické části se zabývá současnou situací jaderné energetiky a popisuje její předpokládaný vývoj.

Klíčová slova: jaderná fyzika, jaderná havárie, uran, průmyslové havárie, analýza rizik, jaderný reaktor, jaderný odpad, radioaktivní odpad

ABSTRACT

This thesis is processed as manual for security managers. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part deals with the theoretical knowledge of industrial accidents. There are the types of accidents and their causes, legislation. The next chapter describes the basic theoretical knowledge of nuclear physics. The practical part describes the largest nuclear accident, their causes and impact on further development of nuclear energy. Conclusion The practical part deals with current situation of nuclear power, and describes its expected evolution.

Keywords: nuclear physics, nuclear accident, uranium, industrial accidents, risk analysis, nuclear reactor, nuclear waste, radioactive waste

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce JUDr. Vladimíru Lauckému za jeho obrovskou ochotu a vstřícný přístup při realizaci mé diplomové práce, také za poskytnutí materiálů a cenných rad.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	8
ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE	13
1.1 MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST	13
1.2 TYPY PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ	14
1.2.1 Jaderné havárie	15
1.2.2 Výbuchy	15
1.2.3 Únik toxických plynů a kapalin	15
1.2.4 Požáry	15
1.3 PŘÍČINY PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ.....	15
1.3.1 Chyby lidského činitele	15
1.3.2 Poruchy zařízení	16
1.3.3 Odchylky od normálních provozních podmínek	16
1.4 PŘIPRAVENOST NA PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE	16
1.5 LEGISLATIVA V ČR	17
1.5.1 Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií.....	17
1.5.2 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení	19
1.5.3 Zákon č.239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému	22
2 ANALÝZA BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK	26
2.1 POSTUP PŘI ANALÝZE A HODNOCENÍ RIZIK	27
2.2 HAVARIJNÍ PLÁNOVÁNÍ	28
2.2.1 Vnitřní havarijní plán	28
2.2.2 Vnější havarijní plán	29
3 JADERNÁ FYZIKA	32
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	32
3.1.1 Radioaktivita	32
3.1.2 Atom a atomové jádro	32
3.1.3 Uran.....	33
3.2 PRINCIP VÝROBY JADERNÉ ENERGIE	34
3.2.1 Primární okruh	34
3.2.2 Sekundární okruh	34
3.2.3 Terciární okruh.....	34
3.3 JADERNÝ REAKTOR	36
3.4 ATOMOVÝ ZÁKON	38
3.5 NOVÉ TECHNOLOGIE V JADERNÉ ENERGETICE.....	39
3.5.1 Reaktory III. generace	39
3.5.2 Reaktory IV. generace.....	40
3.6 PŘEHLED ALTERNATIVNÍCH METOD VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	41
3.6.1 Vodní elektrárny.....	41
3.6.2 Sluneční elektrárny.....	42
3.6.3 Větrné elektrárny.....	42

3.6.4	Porovnání výroby jaderné energie a jejich alternativ.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
4	BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA JADERNÝCH HAVÁRIÍ.....	45
4.1	JADERNÁ BEZPEČNOST A STÁTNÍ DOZOR	45
4.2	BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA	46
4.3	HODNOCENÍ JADERNÉ BEZPEČNOSTI.....	47
4.4	JADERNÝ ODPAD	47
4.4.1	Nakládání s vyhořelým jaderným palivem (VJP).....	48
4.4.2	Nakládání s radioaktivním odpadem (RAO).....	48
4.5	JADERNÝ TERORISMUS	49
5	ANALÝZA NEJVĚTŠÍCH JADERNÝCH HAVÁRIÍ.....	52
5.1	MAJAK 1957	52
5.2	JASLOVSKÉ BOHUNICE 1977	54
5.3	THREE MILE ISLAND 1979	56
5.4	ČERNOBYL 1986	58
5.5	FUKUŠIMA 2011	61
6	TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŘEŠENÍ JADERNÝCH HAVÁRIÍ.....	65
6.1	INFORMOVANOST OBYVATELSTVA PŘI PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍCH.....	65
6.2	JADERNÉ HAVÁRIE	67
6.3	ODPOVĚDNÉ ORGÁNY.....	67
6.4	CÍLE MEDIÁLNÍ KOMUNIKACE PŘI JADERNÉ HAVÁRII.....	69
7	PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ JADERNÉ ENERGETIKY V ČR.....	70
7.1	SOUČASNÝ STAV	70
7.1.1	Jaderná elektrárna Temelín	70
7.1.2	Jaderná elektrárna Dukovany	71
7.1.3	Úložiště odpadů.....	72
7.2	BUDOUCÍ VÝVOJ.....	72
7.3	STANOVISKA VEŘEJNÉHO ZÁJMU.....	73
7.4	SHRNUTÍ.....	75
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK.....	82

ÚVOD

Dostatek elektrické energie je pro ekonomiku i běžný život zcela klíčovou otázkou. Elektroenergetika je nenahraditelné odvětví, jeho funkčnost a rozvoj zajišťuje základní předpoklad pro provozování jakékoliv další ekonomické činnosti v dnešní společnosti.

Elektrická energie přivedla naši společnost až k dnešním technickým a technologickým vymoženostem, které nám poskytují v každodenním životě určité výhody a dělají náš život v mnoha oblastech pohodlnějším a vyspělejších. Díky elektřině si lidstvo zajistilo úplně nové perspektivy vývoje – automatizovaný průmysl, osvětlení, výpočetní technika a další elektrotechnika, která nám usnadňuje tolik zbytečných starostí.

Jednou z možností výroby elektrické energie je výroba v jaderných elektrárnách (dále JE). Jaderné elektrárny pracují velice podobně jako například uhelné elektrárny, jen s tím rozdílem, že u jaderné elektrárny nevzniká škodlivý kouř.

Často se setkáváme s názory, že jaderné elektrárny jsou nebezpečné. Nutno si uvědomit, v čem jejich nebezpečnost spočívá. Široká veřejnost má stále v živé paměti Černobyl nebo jiné jaderné havárie. Nejen na internetu lze najít spoustu článků, obrázků a informací o tom, co ta a tamta jaderná havárie způsobila, kolik lidí nepřežilo, kolik lidí zemřelo po čase na nemoc z ozáření, apod. Avšak katastrofy podobných rozměrů se můžou stát i v případě chemického závodu nebo přírodní katastrofy jako třeba zemětřesení. Zde se na nemoc z ozáření neumírá, avšak co se týče počtu obětí, jaderné havárie nezabírají první příčky. Dalším paradoxem je, že mnoho lidí bojuje proti jaderným elektrárnám, ale dennodenně se vystavují např. rentgenům a jiným škodlivým věcem.

Studie z posledních let ukazují, že naše jaderné elektrárny Dukovany a Temelín patří z hlediska vlivu na životní prostředí mezi nejšetrnější zdroje výroby elektrické energie. Při jejich provozu nevznikají skleníkové plyny, nespotřebovává se kyslík a suroviny, které mají nenahraditelný význam. Program environmentální politiky českých jaderných elektráren je založen na prevenci a na trvalém zlepšování vztahu k ochraně životního prostředí.

Doba, kdy naše planeta byla bohatá na fosilní paliva, se blíží ke konci. Naproti tomu zásoby uranu jsou podle odborníků na dalších pět set let. Jaderné elektrárny spotřebují relativně malé množství jaderného paliva a radioaktivní odpad má celkem malý objem. Navíc lze jaderný odpad uložit zpět do země nebo jej znovu zpracovat. Další výhodou jaderných elektráren je fakt, že JE nepotřebují velkou plochu na jejich stavbu.

Jaderné elektrárny mají velkou budoucnost. Neměli bychom se bát a vracet se do minulosti. Mezi minulostí a současností je obrovský rozdíl. Technologie pokročila a lidé se poučili. Elektrárny dbají na bezpečnost a možný únik radioaktivity je minimální.

Přesto JE podléhají vysoké kontrole. Okolní prostředí je pečlivě monitorováno. V České republice jsou kromě podnikových měření i měření nezávislé. Tyto měření provádí státní dozorné orgány. Každá elektrárna má ve svém okolí vymezenou tzv. zónu bezpečnostního plánování. Havarijní připravenost zaručuje, že veškerý personál je v případě mimořádné události dobře vycvičen.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

Pod pojmem průmyslová havárie rozumíme nežádoucí mimořádnou událost, která vznikla v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, skladováním a přepravou nebezpečných látek. Při průmyslové havárii může dojít ke ztrátě na životech, ke zranění, k poškození životního prostředí nebo ke škodě na majetku.

Pod pojmem průmyslová havárie rozumíme například jaderné havárie, požáry průmyslových objektů, výbuchy plynů a par hořlavých látek nebo únik toxických látek.[12]

1.1 Mimořádná událost

Mimořádnou událostí rozumíme situaci, která vznikla na určitém místě v důsledku živelné pohromy nebo havárie, kterou lze řešit obvyklým způsobem složkami integrovaného záchranného systému podle zvláštních právních předpisů.[12]

Mimořádné události můžeme rozdělit do tří skupin:

- Přírodní
- Technického typu
- Kombinované

Přírodní mimořádné události

Tyto mimořádné události vznikají působením přírodních sil. Řadíme zde povodně, vichřice, sněhové kalamity, nedostatek pitné vody v obdobích sucha, sesuvy půdy a dnes i u nás často vyskytované zemětřesení. [12]

Kombinované mimořádné události

Zde řadíme ty mimořádné události přírodního charakteru, které jsou vyvolané činností člověka nebo technogenní (průmyslové) mimořádné události vznikající v důsledku přírodního jevu (například povodně můžou způsobit unik nebezpečných látek z objektu). [12]

Mimořádné události technického typu

Tato skupina mimořádných událostí je důsledkem civilizačních aktivit. Mluvíme o mimořádných událostech technického typu. Příčinami těchto událostí mohou být chyby techniky nebo také chyby obsluhujících pracovníků. Podrobnějšímu rozboru možných příčin těchto mimořádných událostí se budeme věnovat v další kapitole. [12]

Další dělení mimořádných událostí může být následující:

1. Mimořádná událost vyvolaná činností člověka (úmyslně nebo z nedbalosti)
2. Mimořádná událost vyvolaná přírodními vlivy
3. Havárie

Havárie se dále rozdělují:

- Průmyslové havárie
- Dopravní havárie
 - Železniční havárie
 - Letecké havárie
 - Dopravní nehody
- Ostatní havárie

Mnoho průmyslových havárií vzniká v důsledku přírodních katastrof, jako tomu bylo například ve Spolaně v Neratovicích, kde vlivem povodní došlo k úniku chlóru. Podobný případ se stal i ve Fukušimě v Japonsku. Zde došlo nejprve k zemětřesení, které vyvolalo vlnu tsunami a až poté došlo k výbuchu v elektrárně ve Fukušimě. Může ale nastat také situace, kdy průmyslová havárie je příčinou přírodní katastrofy.

1.2 Typy průmyslových havárií

Jak již bylo uvedeno výše, průmyslovou havárií rozumíme mimořádnou událost, která vznikla v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, skladováním a přepravou nebezpečných látek.

Dělení průmyslových havárií dle závažnosti

- 1. stupeň poplachu IZS
- 2. stupeň poplachu IZS
- 3. stupeň poplachu IZS
- zvláštní stupeň poplachu IZS

Stupeň poplachu je vyhlášen velitelem zásahu po příjezdu na místo události podle poplachového plánu IZS. Pokud je velitelem zásahu vyhlášen nejvyšší stupeň poplachu, přebírá koordinaci záchranných a likvidačních prací hejtman kraje. Avšak pokud mimořádná událost zasahuje do jiných krajů, popřípadě i mimo území republiky, koordinaci záchranných a likvidačních prací přebírá Ministerstvo vnitra. [9]

Následující text popisuje obecně a v krátkosti některé typy průmyslových havárií.

1.2.1 Jaderné havárie

Patří mezi nejzávažnější typ havárií. Při jaderné havárii dochází k úniku radioaktivních látek. Jedná se o havárii jakéhokoliv jaderného zařízení, při které dojde ke kontaminaci (zamoření) životního prostředí radioaktivními látkami.[9]

1.2.2 Výbuchy

Výbuch je náhlá mimořádná událost rychlého průběhu v krátké době trvání, který bývá často doprovázen tzv. domino efektem.

Ve své podstatě je to fyzikální jev, při kterém dochází k náhlému, velmi prudkému uvolnění energie, a prudkému lokálnímu zvýšení teploty a tlaku (obecně entropie). Tato prudká změna tlaku se šíří do okolí jako rázová vlna.[9]

1.2.3 Únik toxických plynů a kapalin

K únikům toxických látek, plynů nebo kapalin dochází často při poruše zařízení nebo odchylkám od technologických procesů. Úniky toxických látek mají nebezpečný dopad na životní prostředí, proto je okolo nich vedena přísná kontrola dodržování veškerých právních předpisů.[9]

1.2.4 Požáry

Požár je nekontrolovatelný oheň, při kterém dochází k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí, nebo k bezprostřednímu ohrožení osob, zvířat, materiálních hodnot nebo životního prostředí.

Vzniká obvykle buď v důsledku technické chyby, přírodního neštěstí nebo úmyslným zapálením (žhářství).

1.3 Příčiny průmyslových havárií

1.3.1 Chyby lidského činitele

Mezi nejčastější lidské chyby při obsluze patří například aktivace chybného tlačítka, záměna nebezpečných látek, špatná údržba nebo špatná komunikace. Další z chyb člověka je také vypnutí bezpečnostního systému z důvodů častých planých poplachů.

Hodně často se objevují chyby jako nedodržení pracovního postupu, za což jsou velké postihy a v rámci prevence by se nemělo zapomínat na pravidelné a opakované školení pracovníků nejen v bezpečnosti, ale také ze znalostí pracovního postupu. [9]

1.3.2 Poruchy zařízení

Tak jako může chybovat člověk, může se vyskytnout i porucha na zařízení. Může dojít k poruchám bezpečnostních a pojistných ventilů, k poruchám čerpadel, kompresorů, řídicích systémů (počítačů, řídicích jednotek, tlakových čidel).

Proto by měla existovat pravidelná kontrola zařízení a jejich revize. I přes veškeré vyhlášky a směrnice se přesto i dnes setkáváme v mnoha podnicích s nepravidelnými či vůbec žádnými kontrolami. Provozovatelé takovýchto podniků by si měli uvědomit, že prevence je v tomto případě mnohem levnější než případné následky po havárii. [9]

1.3.3 Odchytky od normálních provozních podmínek

Zde se jedná například o:

- Poruchy v monitorování teploty, tlaku, průtoku aj. parametrů
- Nedostatečné chlazení zařízení
- Přerušení dodávky elektrické energie
- Poruchy při odstavování a zahajování procesů

Aby k těmto odchylkám nedocházelo, je třeba (tak jako v předešlém případě) provádět pravidelnou revizi zařízení a pravidelné kontroly. [9]

1.4 Přípravenost na průmyslové havárie

Evropskou unií byly vypracovány směrnice a zákony, které ukládají provozovatelům podniků závazné postupy a povinnosti pro oblast průmyslových havárií. Jedná se o SEVESO I direktiva a SEVESO II direktiva.[12]

SEVESO I direktiva

Úniku dioxinu v Sevesu v Itálii byl impulsem pro vydání Směrnice Rady 82/501/EEC nazývané též SEVESO I direktiva, která měla za cíl sjednotit a zharmonizovat legislativu týkající se připravenosti na závažné průmyslové havárie.

SEVESO I direktiva ukládá provozovateli povinnosti vypracovat havarijní plány pro případ vzniku havárie. Pokud se ovšem předpokládá, že by následky havárie mohly přesaho-

vat území podniku, je povinností provozovatele vypracovat i vnější havarijní plány, které se stávají součástí havarijního plánu regionu.

Další povinností provozovatele je vypracovat bezpečnostní studii, ve které sdělí příslušným orgánům informace o přesáhnutí limitů nebezpečných látek. Rozsah této studie záleží na množství nebezpečných látek, a s tím souvisí i míra hrozícího nebezpečí.[10]

SEVESO II direktiva

SEVESO II direktiva neboli Směrnice Rady 96/82/EC na rozdíl od SEVESO I nerozlišuje výrobu nebezpečných látek. Seznam nebezpečných látek je upraven na minimum. Povinností provozovatele dle SEVESO II je zavést bezpečnostní management. [10]

1.5 Legislativa v ČR

V této podkapitole se budeme věnovat zákonům, které se týkají problematiky závažných havárií. Jedná se o tyto zákony:

- Zákon č.59/2006 Sb., zákon o prevenci závažných havárií
- Zákon č.240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení
- Zákon č. 239/2000 Sb., zákon o integrovaném záchranném systému

1.5.1 Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií

Tento zákon se zabývá povinnostmi právnických a fyzických osob a výkonem státní správy na úseku prevence závažných havárií. Zákon č. 59/2006 sjednocuje požadavky Evropské Unie s naším právním systémem. Provozovatelé mají povinnost identifikovat nebezpečí, zhodnotit možná rizika a přijmout potřebná bezpečnostní opatření. [10]

Působnost zákona se nevztahuje na skládky odpadů, vojenské objekty, silniční, železniční a vodní dopravu, geologické práce a hornickou činnost.

Každá fyzická a právnická osoba je povinna zjistit, zda se na jeho objekt tento zákon vztahuje. V případě, že ano, je provozovatel povinen objekt zařadit do konkrétní skupiny (A nebo B) podle množství přítomné látky a jednat dle zákona. [10]

Provozovatel skupiny A

Provozovatel skupiny A je povinen vypracovat bezpečnostní program. Obsah bezpečnostního programu jsou zásady prevence havárie a systém řízení bezpečnosti. Vypracovaný

bezpečnostní programu musí být provozovatelem předložen ke schválení krajskému úřadu. [10]

Bezpečnostní program obsahuje:

- Zásady prevence havárií
- Způsob řízení bezpečnosti
- Hodnocení rizik závažné havárie
- Preventivní bezpečnostní opatření
- Způsob kontroly plnění stanovených cílů a zásad prevence havárie

Provozovatel skupiny B

Bezpečnostní zprávu vypracovávají provozovatelé skupiny B, u kterých je množství nebezpečných látek několikanásobně vyšší než u skupiny A. To samozřejmě znamená, že následky případné havárie mohou být daleko závažnější. V bezpečnostní zprávě je nutno podrobně zpracovat hodnocení rizik závažných havárií, rozsah možných škod a preventivní bezpečnostní opatření v objektu. [10]

Bezpečnostní zpráva obsahuje:

- Popis objektu
- Popis a grafické vymezení okolí objektu
- Hodnocení rizik havárie
- Popis preventivních bezpečnostních opatření
- Popis ochranných a zásahových prostředků omezujících následky havárie

Havarijní plán

Dle zákona o prevenci závažných havárií je provozovatel, který vypracoval bezpečnostní zprávu, povinen zpracovat havarijní plán (dále jen HP). Ty dělíme na havarijní plány vnitřní a vnější. Havarijní plány obsahují popis činností a opatření prováděných při vzniku závažné havárie, které vedou k minimalizaci jejich následků. [10]

Zóna havarijního plánování

Zónou havarijního plánování rozumíme území okolo objektu, ve kterém krajský úřad uplatňuje požadavky formou vnějšího havarijního plánu a v němž zajišťuje veřejné projednávání stanovených dokumentů. [10]

Vnitřní havarijní plán

Vnitřní havarijní plán stanovuje preventivní bezpečnostní opatření k minimalizaci následků závažné havárie. Tento vnitřní havarijní plán je povinen vypracovat ten provozovatel, který zpracovává bezpečnostní zprávu.

Provozovatel je dále povinen zajistit aktualizaci vnitřního havarijního plánu do jednoho měsíce po každé změně druhu nebo množství nebezpečných látek nebo po každé změně technologie, ve které se nebezpečná látka používá. Mezi další povinnost provozovatele patří také aktualizace havarijního plánu a to nejméně jednou za 3 roky. Dále je provozovatel povinen informovat své zaměstnance o preventivních bezpečnostních opatřeních a o jejich žádoucím chování v případě havárie. [10]

Vnější havarijní plán

Vnější havarijní plán je dokument, ve kterém jsou uvedeny popisy opatření a činností prováděných při vzniku průmyslové havárie vedoucí k minimalizaci jejich následků v okolí objektu. To znamená, že zóna havarijního plánování je větší než plocha ohraničená vnitřní hranicí zóny havarijního plánování. [10]

1.5.2 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení

Tento zákon se zabývá stanovením pravomocí státních orgánů a orgánů územní samosprávy a povinnostmi právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace.[7]

Krizové řízení

Krizové řízení chápeme jako souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů, které se zabývají analýzou a vyhodnocením bezpečnostních rizik, plánováním, organizováním, realizací a kontrolou činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace.

Mezi cíle krizového řízení patří: [12]

- Udržení funkčnosti systému veřejné správy
- Zajištění dostupnosti životně důležitého zboží a služeb
- Organizace záchranných a likvidačních prací

- Humanitární pomoc

Krizové řízení sleduje:

- Prevenci – zde patří takové činnosti, které pomáhají předcházet mimořádným událostem
- Přípravenost – činnosti směřující k akceschopnosti systému při vykonávání záchranných a likvidačních prací
- Odezvu – zabezpečuje rychlé překonání mimořádné události, aby se co nejvíc minimalizovaly následky mimořádné události
- Obnovu – činnost, směřující k co nejrychlejšímu obnovení původního stavu

Krizová situace

Krizovou situací rozumíme mimořádnou událost nebo jiné nebezpečí, při kterém je vyhlášen nouzový stav, stav nebezpečí nebo stav ohrožení státu. [7]

Krizové plánování

Krizovým plánováním rozumíme činnost vedoucí ke zpracování havarijních a krizových plánů, čímž se zajistí připravenost na mimořádné události. [7]

Krizový plán

Krizový plán obsahu dvě části – základní a přílohovou.

Základní část krizového plánu vymezuje působnosti, odpovědnosti a úkoly správních úřadů. Obsahuje seznam a hodnocení všech možných krizových rizik, jejich dopad na konkrétní území a činnosti orgánů v rámci krizového plánování.

Přílohová část krizového plánu obsahuje výpis z krizového plánu příslušného orgánu krizového řízení s uvedenými požadavky zpracovatele krizového plánu na účast právnických a fyzických osob při zabezpečování krizových opatření. Rovněž je v přílohové části krizového plánu uveden plán krizových opatření potřebných k řešení krizové situace.[7]

Krizový stav

Krizový stav bývá vyhlášen za těchto podmínek:

- Vznikem krizové situace nebo její hrozbou
- Rozsahem vzniklých škodlivých následků

- Užitím krizových opatření

Pokud mluvíme o krizovém stavu, máme na mysli stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu. [7]

Stav nebezpečí lze dle zákona č.240/2000 vyhlásit v případě živelné pohromy, průmyslové havárie nebo jiného nebezpečí, při němž jsou ohroženy nejen životy a zdraví osob, ale také životní prostředí a majetek, kde toto ohrožení nelze odvrátit jinou běžnou činností.

Stav nebezpečí je vyhlášen hejtmanem příslušného kraje. Musí být uvedeny důvody, přesně vyhrazeno území, pro které je stav nebezpečí vyhlášen, krizová opatření a jejich rozsah. Hejtman může vyhlásit stav nebezpečí maximálně na dobu 30 dnů. K prodloužení tohoto stavu je nutný souhlas vlády. [7]

Nouzový stav bývá vyhlášen jako krizové opatření v případě závažné živelné pohromy nebo průmyslové havárie. Vyhláší ho vláda nebo předseda vlády. Je to jakýsi „nadstupeň“ stavu nebezpečí. [7]

Nouzový stav může být vyhlášen na celém území státu nebo na jeho části, například kraj nebo okres. Vyhláší se maximálně na dobu 30 dnů bez souhlasu Poslanecké sněmovny.[7]

Evakuační opatření

Při plánování evakuačních opatření je nutno stanovit evakuační prostory, vymezit evakuační trasy. Dále je potřeba zajistit dopravní prostředky, kterými se budou lidé dopravovat z evakuovaných míst do evakuačních prostorů. Nesmíme zapomenout na kontrolu opuštěných obydlí, zda v některém nezůstal člověk.

Evakuaci je nutno zabezpečit po stránce zdravotnické, dopravní, zásobovací a pořádkové. To má na starosti zpracovatel evakuačního plánu a pracovník veřejné správy. [3]

Evakuační zavazadlo

Evakuační zavazadlo připravujeme v případě opuštění bytu či domu v důsledku vzniklé mimořádné události. Označuje se jménem a adresou a mělo by obsahovat základní trvanlivé potraviny, pitnou vodu, předměty denní potřeby, základní hygienické potřeby, osobní doklady, peníze, nejlépe i všechny pojistné a jiné smlouvy, léky, svítilnu a další pro nás nezbytné předměty. [3]

1.5.3 Zákon č.239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému

Zákon o integrovaném záchranném systému stanovuje složky IZS a jejich působnost, práva a povinnosti fyzických a právnických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích. Tento zákon definuje integrovaný záchranný systém jako koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích. [8]

Integrovaný záchranný systém tedy není žádná organizace ani instituce, ale vyjádření pravidel spolupráce neboli koordinovaný postup složek záchranných, policejních, hasičských a ostatních při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací.

Záchrannými pracemi rozumíme činnost vedoucí k odvrácení nebo k omezení bezprostředního působení rizik vzniklých při mimořádné události. Tyto práce jsou následovány pracemi likvidačními, což je činnost, která vede k odstranění následků mimořádné události. [3]

Základní složky IZS

Mezi základní složky se řadí Hasičský záchranný sbor, Záchraná zdravotnická služba a Policie ČR. Jejich hlavním úkolem je nepřetržitá pohotovost pro případ, že by byla ohlášena jakákoliv mimořádná událost a okamžitý zásah v místě této mimořádné události.

Hasičský záchranný sbor

Hasičský záchranný sbor je základní složkou Integrovaného záchranného systému. HZS spolupracuje s ostatními složkami IZS a dalšími státními orgány. Jeho základním posláním je chránit zdraví a život občanů a majetek před požáry a poskytovat nezbytnou pomoc při mimořádných událostech (průmyslových haváriích, živelných pohromách, aj.). V roce 2001 začala spolupráce Hasičského záchranného sboru s Hlavním úřadem civilní ochrany a od toho roku má HZS ČR ve své působnosti i ochranu obyvatelstva, obdobně je tomu i v jiných státech Evropy. [3]

Zdravotnická záchranná služba

Úkolem záchranné zdravotnické služby je poskytnout neodkladnou přednemocniční první pomoc v místě úrazu nebo během transportu do nemocnice.

Činnost zdravotnické záchranné služby můžeme rozdělit na primární a sekundární. Činností primární rozumíme výjezd na základě tísňového volání a činnost sekundární je chápána jako mezinemocniční transport v systému přednemocniční péče. [3]

Policie ČR

Policie České Republiky je ozbrojený bezpečnostní sbor s působností na celém území České republiky, který se řídí zákonem č.283/1991 Sb., o policii ČR.

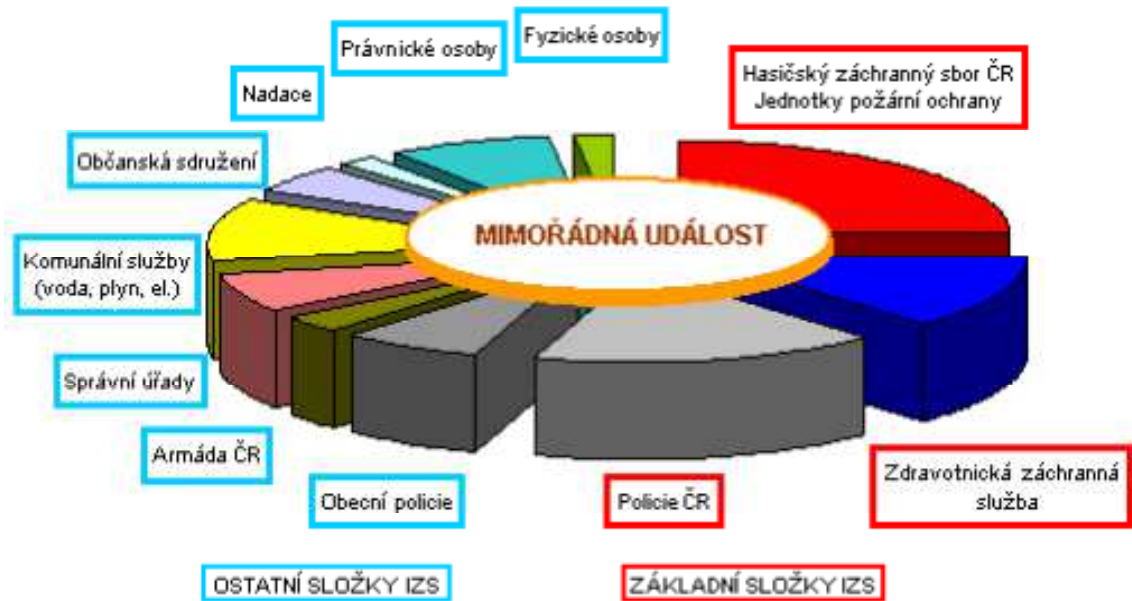
Mezi hlavní úkoly Policie ČR patří:

- Zajišťování bezpečnosti osob a majetku
- Zajišťování veřejného pořádku
- Ochrana státních hranic
- Odhalování a vyšetřování trestných činů
- Bezpečnost a plynulost silničního provozu
- Odhalování přestupků a jejich projednávání, pokud tak stanoví zákon
- Vedení evidence a statistik pro plnění svých úkolů

Policie ČR je řízena Ministerstvem vnitra, které zřizuje jednotlivé útvary PČR na návrh policejního prezidenta. [3]

Ostatní složky IZS

Ostatní složky Integrovaného záchranného systému poskytují pomoc při záchranných a likvidačních pracích na požádání. Patří zde obecní policie, armáda ČR, právnické a fyzické osoby, správní úřady, občanská sdružení a nadace, horská služba, vodní záchranná služba a další.[12]



Obrázek 1 Základní a ostatní složky IZS [12]

Povinnosti operačních a informačních středisek IZS

- Přijímat a vyhodnocovat informace o mimořádných událostech
- Plnit úkoly zadané orgány, které jsou oprávněny koordinovat záchranné a likvidační práce
- V případě potřeby zabezpečit vyrozumění základních a ostatních složek IZS, státních orgánů podle dokumentace integrovaného záchranného systému

Povinnosti ministerstva vnitra dle zákona č.239/2000, Sb.

Ministerstvo vnitra vede přehled možných zdrojů rizik, provádí analýzy ohrožení a v rámci prevence provádí nápravu stavů, které by mohly zapříčinit mimořádné události. Dále ministerstvo rozhoduje o činnostech k provádění záchranných a likvidačních prací a snaží se o zmírnění jejich následků. Starostí ministerstva vnitra je mimo jiné i zapojení České republiky do mezinárodních záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech mimo naši republiku a zajišťuje poskytování humanitární pomoci v součinnosti s Ministerstvem zahraničních věcí. [3]

Povinnosti krajského úřadu

Krajský úřad organizuje spolupráci mezi obecními úřady obce s rozšířenou působností a dalšími obcemi v kraji a správními úřady při zpracovávání poplachového plánu integrovaného záchranného systému a havarijní připravenost ověřuje cvičeními. [3]

Povinnosti hejtmana

- Organizace IZS na úrovni kraje
- Kontrola přípravy na mimořádné události
- Koordinace záchranných a likvidačních prací při mimořádné události vzniklé na území kraje
- Schvalování havarijního plánu kraje

Povinnosti obecních úřadů

Obecní úřad má dle zákona o integrovaném záchranném systému zajistit připravenost správního obvodu obce na mimořádnou událost, zajišťuje provádění záchranných a likvidačních prací. Tyto úkoly plní hasičský záchranný sbor kraje, který dále plní úkoly při záchranných a likvidačních prací a organizuje součinnost mezi obecním úřadem obce s rozšířenou působností a územními správními úřady s působností v jeho správním obvodu a ostatními obcemi. [3]

Velitel zásahu

Velitel zásahu provádí koordinování záchranných a likvidačních prací v místě zásahu a řídí součinnost složek integrovaného záchranného systému. Velitel zásahu je dále povinen vyhlásit stupeň poplachu dle konkrétního poplachového plánu integrovaného záchranného systému. Velitelem zásahu bývá ve většině případů velitel jednotky požární ochrany. [3]

Velitel zásahu je oprávněn

- Zakázat vstup neoprávněné osobě na místo zásahu anebo tuto osobu z místa zásahu vykázat, pokud její přítomnost není potřebná.
- Vyzvat právnické a fyzické osoby k osobní nebo věcné pomoci
- Rozdělit místo zásahu na úseky, ke kterým přiřadí jejich velitele a těmto velitelům je oprávněn zadávat úkoly dle potřeby

2 ANALÝZA BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK

S rozvojem technických zařízení a průmyslových objektů roste i potřeba ošetřit oblast hodnocení a řízení rizik, které obyvatelstvu hrozí v důsledku provozu průmyslových podniků. Samozřejmě nejde jen o ohrožení na životech či zdraví, ohroženo je i životní prostředí a majetek. Způsob, jak ochránit tyto hodnoty je ukryt v procesu havarijního a krizového plánování. Havarijní a krizové plány vycházejí z analýzy rizik, kterou můžeme rozdělit na identifikaci zdrojů rizika, klasifikace rizik, analýzu příčin a následků a hodnocení rizika.[12]

Cílem samostatné analýzy je možnost přijmout taková opatření, aby nedocházelo ke vzniku mimořádných událostí, popřípadě se omezilo jejím následkům. Nedokážeme-li riziko identifikovat, nemůžeme ho zanalyzovat a tím pádem se proti němu nedokážeme ani nikterak bránit.

Analýza a hodnocení bezpečnostního rizika je metoda identifikace a hodnocení nebezpečí neboli příčin vzniku závažné havárie. S tímto souvisí i odpovídající vyhodnocení možných dopadů. S analýzou rizik se setkáváme nejen u technologických procesů, ale je používána i pro leteckou a silniční dopravu, projektování mostů, komunikační systémy, atd.[12]

Havárie je mimořádná událost, která může způsobit zranění nebo škody.

Závažná havárie je v případě průmyslových činností výsledkem nekontrolovaného vývoje, jenž vede k vážnému ohrožení na životech zaměstnanců a lidí, žijících v okolí havárie, a také k ohrožení životního prostředí a škod na majetku. [12]

Nebezpečím bývá označována příčina nebo možný zdroj havárie.

Riziko je používané v mnoha souvislostech a má několik významů a definicí. Nejčastěji se setkáváme s vysvětlením, že riziko je možnost nežádoucích dopadů. Pro matematiky lze riziko vysvětlit jako funkci pravděpodobnosti vzniku havárie a jejich dopadů. [12]

Riziko z pohledu technického můžeme chápat jako pravděpodobnost, že dojde k nějakým škodám, ať už máme na mysli ohrožení života či zdraví osob, životního prostředí, majetku.

Pro účely analýzy rizik konkrétního území je vhodnější definovat riziko jako hrozbu nebezpečnosti a zranitelnosti okolí.

Riziko můžeme definovat jako:

- Pravděpodobnost ztrát

- Velikost možných ztrát
- Funkce pravděpodobnosti a velikosti ztrát

Riziko technologických zařízení také můžeme definovat jako míru ekonomické ztráty nebo zranění osob vyjádřenou pomocí pravděpodobnosti havárie a velikosti ztráty. Riziko lze rozdělit na riziko individuální, skupinové a společenské.

Bezpečnost je chápána jako opak rizika. Pro bezpečnost se dříve používal termín prevence ztrát. Je to předcházení haváriím správnou identifikací nebezpečí. S bezpečností úzce souvisí i pojem bezpečný systém, což je systém, v němž se nenachází žádný faktor vedoucí ke zranění osob nebo ke škodám na majetku a životním prostředí. [3]

2.1 Postup při analýze a hodnocení rizik

Podniky zařazené ve skupiny A nebo B (dle zákona o prevenci závažných havárií) mají po zpracování bezpečnostního programu a bezpečnostní zprávy povinnost provést analýzu a hodnocení bezpečnostních rizik.

Analýzu rizik je třeba provést zejména při:[1]

- Změně typu výroby
- Provádění údržby nebo po opravách v provozu
- Změně způsobu řízení procesu
- Změně způsobu skladování a dopravy
- Inovaci technologických procesů

Při analýze a hodnocení bezpečnostních rizik je potřeba uvést:

- Identifikaci zdrojů rizik
- Stanovení míry rizika
- Hodnocení přijatelnosti rizika vzniku závažné havárie
- Zpracování možných scénářů
- Událostí a jejich příčin, které vedou k závažné havárii

2.2 Havarijní plánování

Havarijním plánováním rozumíme soubor činností vedoucích k plánování opatření a k provádění záchranných a likvidačních prací při vzniku mimořádné události s použitím existujících sil a prostředků (IZS).[12]

Cílem havarijního plánování je:

- Analýza existujících rizik
- Zvýšení podvědomí o hrozících rizicích na daném území
- Minimalizace škodlivých účinků mimořádné události na zdraví a životech osob, životním prostředí, majetku
- Stanovení opatření k odvrácení účinků mimořádné události
- Způsob odstranění následků

Havarijní plány můžeme rozdělit na havarijní plány objektové a územní. Územní havarijní plány bývají součástí krizových plánů jednotlivých krajů.[12]

Havarijní plány *objektové*: [12]

- Vnitřní HP
- HP vodního hospodářství a ochrany vod před závadnými látkami
- HP ochrany ovzduší
- HP k řešení stavu nouze v energetice

Havarijní plány *územní*: [12]

- Havarijní plán kraje
- Vnější HP

2.2.1 Vnitřní havarijní plán

Vnitřní HP zpracovávají provozovatelé podniků zařazených do skupiny B dle zákona č.59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Tyto havarijní plány slouží k zajištění havarijní připravenosti na území podniku či objektu, ve kterém se uchovávají, skladují nebo používají při výrobě nebezpečné látky, u nichž by v případě havárie mohlo dojít ke katastrofickým následkům.[12]

Obsah vnitřního HP (dle zákona č.59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií): [12]

- Jména, příjmení a funkce fyzických osob, které mají pověření provozovatele realizovat preventivní bezpečnostní opatření
- Scénáře možných havárií, scénáře odezvy možné havárie a způsob řízení této odezvy
- Popis možných dopadů mimořádné události
- Popis činností, které je nutno provést ke zmírnění následků mimořádné události
- Opatření pro výcvik a plán havarijního cvičení
- Kdy bylo naposledy havarijní cvičení
- Přehled všech ochranných zásahových prostředků, které má provozovatel k dispozici
- Opatření k podpoře zmírnění dopadů havárie mimo objekt
- Spolupráce se složkami IZS

2.2.2 Vnější havarijní plán

Zpracovatelem vnějších havarijních plánů je hasičský záchranný sbor kraje. Vnější havarijní plány se zpracovávají pro případ mimořádné události, která ohrožuje zdraví a život osob, majetek a životní prostředí nejen na území podniku, ale ohrožuje tyto hodnoty i mimo území. Podklady pro zpracování vnějšího HP připravují pro HZS kraje provozovatelé konkrétních podniků. Stejně jako vnitřní havarijní plán, tak i vnější HP zpracovávají podniky zařazené ve skupině B dle zákona č.59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií.[12]

Vnější havarijní plán obsahuje tři samostatné části – informativní, operační a plán konkrétních činností.

V *informační části* je základní charakteristika území. Je zde popsána zóna havarijního plánování, geografická, klimatická a demografická charakteristika, popis infrastruktury, identifikace a charakteristika provozovatele. Dále je zde uvedena struktura organizace havarijní připravenosti, seznam vnitřních havarijních plánů provozovatele a charakteristika možných účinků závažné havárie. Je zde potřeba zmínit veškeré možné scénáře možných havárií. V informativní části vnějšího havarijního plánu je také potřeba uvést nejen popisy zranitel-

ných složek k zájmovému území, ale také účinky a následky možné havárie, které vyplývají z analýzy rizik.[12]

Obsahem *operační části* vnějšího HP jsou úkoly příslušných správních úřadů, složek IZS, úkoly sil a prostředků jiných fyzických a právnických osob při havárii, způsob koordinace zásahu, zásady činností při rozšíření následků havárie mimo zónu havarijního plánování.[12]

Třetí částí vnějšího havarijního plánu, jak už bylo řečeno, jsou *plány konkrétních činností*. Jedná se zejména o:

- Plán vyrozumění
- Plán varování obyvatelstva
- Plán ochrany osob
- Plán zásahu složek IZS
- Plán dekontaminace
- Traumatologický plán havárie
- Plán preventivních opatření k zamezení nebo omezení účinku domino efektu
- Plán opatření při úmrtí osob v zamořené oblasti
- Plán opatření vedoucích k minimalizaci dopadů na kvalitu životního prostředí
- Plán regulace pohybu osob a dopravy a plán zajištění veřejného pořádku

Vzhledem k tomu, že život a zdraví je pro mnohé důležitější než cokoli jiného, hraje velkou a snad i největší roli v tomto případě plán varování obyvatelstva a plán ochrany obyvatelstva.[12]

Plán varování obyvatelstva se zabývá varováním obyvatelstva v případě havárie. Je zde potřeba uvést také popis žádoucího chování lidí po oznámení havárie, způsoby předání informací o žádoucím chování občanů v případě havárie a po jejím skončení. Varování obyvatelstva je v ČR řešeno pomocí sirén signálem „všeobecná výstraha“. Pro účely ohlášení varování občanům můžeme použít například přímé varování příslušníky IZS, místní rozhlas, regionální televizní a rozhlasové vysílání, mobilní hlídky Policie ČR a Městské policie, atd.[12]

Plán ochrany osob řeší oblast individuální ochrany, ukrytí a evakuaci obyvatelstva. Problémem při tvorbě tohoto plánu je fakt, že evakuace v případě neplánované havárie není plánovaná, a tak se musíme zaměřit na možnost improvizovaného úkrytu obyvatelstva s využitím prostředků individuální improvizované ochrany.[12]

3 JADERNÁ FYZIKA

Jaderná fyzika (nebo též fyzika nukleární) je část fyziky zabývající se strukturou a přeměnami atomového jádra. Studium této problematiky umožnilo pochopení základních vlastností hmoty a vedlo k objasnění radioaktivity. Znalost jaderné fyziky umožnila vytvoření jaderné zbraně a jaderného reaktoru.

3.1 Základní pojmy

V této kapitole budou popsány základní pojmy spojené s problematikou jaderné fyziky.

3.1.1 Radioaktivita

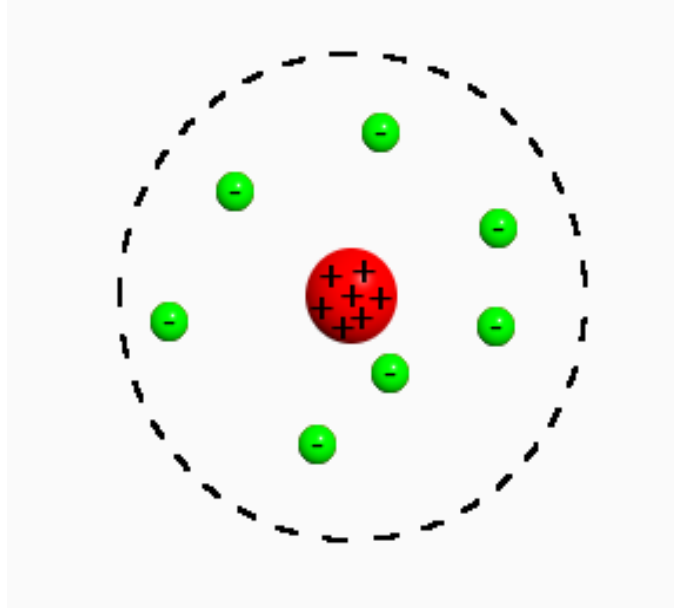
Radioaktivitu můžeme definovat jako schopnost některých atomových jader vysílat záření. Existuje několik druhů radioaktivního záření. Tyto druhy se od sebe liší schopností proniknout látkou. V roce 1897 popsal E. Rutherford tyto typy záření:[13]

- záření alfa – záření pohlcuje list papíru
- záření beta – záření pohlcuje hliníková fólie, tvořeno letícími fotony
- záření gama – tvořeno letícími fotony, které lze oslabit silnou vrstvou materiálu obsahující jádra těžkých prvků

Snad nejznámější osobnosti, které se zabývaly výzkumem radioaktivity, byly manželé Marie a Pierre Curierovi. Zjistili, že kromě uranu je radioaktivní i další prvek thorium. O pár let později, konkrétně v roce 1898, objevili v jáchymovském smolinci dva nové radioaktivní prvky – polonium a radium. O dvanáct let později vyrobili čisté kovové radium právě z jáchymovského smolince.[13]

3.1.2 Atom a atomové jádro

Atom je ta nejmenší částice běžné hmoty. Skládá se z atomového jádra a obalu. Atomové jádro obsahuje protony a neutrony a obal obsahuje elektrony. Protony jsou kladně nabitě částice, neutrony jsou elektricky neutrální a elektrony jsou záporně nabitě částice, které se z obalu dají snadno vyjmout, čímž vytvoří nabitý iont. Atomy prvků se liší svým protonovým číslem, přičemž platí, že jaké je protonové číslo, takový je počet protonů v jádře. Atomové jádro tvoří 99,9% hmotnosti atomu. Pro lepší představu – průměr jádra je řádově 10^{-15} m.[13]



Obrázek 2 Rutherfordův planetární model atomu

3.1.3 Uran

Uran byl objeven v roce 1789 panem Martinem Hienrichem Klaprothem, ale v čisté formě byl izolován až v roce 1841 Eugene-Melchior Peligotem. Je to radioaktivní prvek. Pro zajímavost své jméno dostal uran po planetě, která byla ten čas objevena. [13]

V čistém stavu je uran stříbrobílý lesklý kov. Pokud bychom jej rozmělnili, stal by se samozápalným. Za normální teploty se dá kovat nebo válcovat, protože na rozdíl od jiných kovů není příliš tvrdý. Při zahřívání se stává křehkým, až postupně přejde do plastického stavu.[13]

V periodické tabulce prvků nalezneme hlavně uran s hmotnostním číslem 138. V přírodě se uran vyskytuje jako směs izotopů, a to ^{238}U (99,276 %) a ^{235}U (0,718 %) a jen v malé míře ^{234}U (0,004 %).[13]

Uran je nejvíce využitelný v jaderné energetice. Pro tu je náročný k využití ^{238}U a proto se v praxi nevyužívá. ^{234}U je nadkriticky štěpitelný a tím pádem také nevhodný. Pro jaderné využití je nejlepší ^{235}U s nízkým zastoupením v přírodním uranu. Pro výrobu paliva pro jaderné reaktory se obvykle používá uran, který obsahuje 3-4% ^{235}U . [13]

V minulosti se u nás těžil hlavně v Jáchymově (nejvýznamnější ve 2. polovině 20. století), dále také v Horním Slavkově, Příbrami a v okolí Stráže pod Ralskem. V současné době se uranová ruda těží poblíž Dolní Rožínky u Žďáru nad Sázavou, což je momentálně

jediné místo v Evropské Unii. V roce 2007 bylo schváleno prodloužení těžby uranu na dobu neurčitou. V České Republice je zatím jedinou těžební společností společnost Diamo. Do roku 2006 byla společnost Diamo výhradním dodavatelem pro firmu ČEZ, která provozuje Temelínskou i Dukovanskou elektrárnu. V roce 2006 společnost Diamo uzavřela další kontrakt s německou firmou. [13]

3.2 Princip výroby jaderné energie

Dalo by se říci, že výroba elektrické energie není v jaderných elektrárnách nikterak složitá. Elektrárny mají několik okruhů. Jedná se o tyto okruhy:

- Primární okruh
- Sekundární okruh
- Terciální okruh

3.2.1 Primární okruh

V primárním okruhu probíhá řízená štěpná reakce. Srdcem celého primárního okruhu je reaktor. Jaderný reaktor je zařízení obsahující jaderné palivo, chladivo a řídicí systémy. Aktivní zóna reaktoru je složena z 312 palivových kazet a 37 regulačních kazet. V každé takovéto kazetě je umístěno 126 palivových proutků, v nichž jsou hermeticky uzavřeny tablety jaderného paliva. Při štěpení vzniká velké množství tepelné energie, která je ihned odváděna chladicí vodou. Ohřátá voda cirkuluje v primárním okruhu pomocí čerpadel.[13]

3.2.2 Sekundární okruh

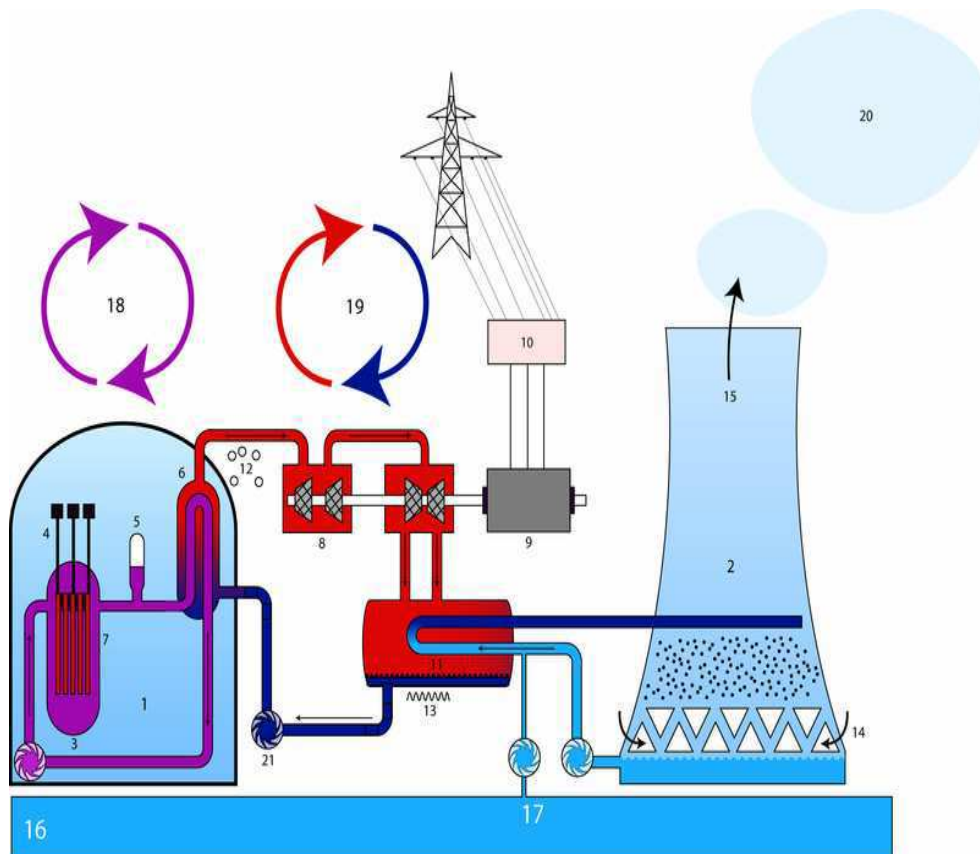
V sekundárním okruhu se přeměňuje tepelná energie páry v mechanickou energii rotoru parní turbíny. Rotor turbíny je spojen s generátorem, kde se přeměňuje kinetická energie rotoru na energii elektrickou. V kondenzátorech se pára kondenzuje a jako voda přichází do parogenerátorů. Teplá voda z kondenzátorů je odváděna do chladících věží a uniká do ovzduší. Do ovzduší tedy uniká pouze čistá vodní pára.[13]

3.2.3 Terciální okruh

Terciální okruh se skládá z chladících věží, oběhových čerpadel, potrubí a kanálů chladicí vody. Teplá voda, která je vedená do chladících věží je rozstříkována sprchovými hlaviciemi a v kapkách padá dolů a ochlazuje se proudícím vzduchem. Část padající vody se

přítom odpaří a vlhký teplý vzduch stoupá vzhůru, ochladí se venkovním vzduchem a vodní pára, která je v něm obsažená, zkondenzuje.[13]

Používaným reaktorem v jaderné elektrárně Dukovany je typ VVER 440/213, tlakovodní, vodou chlazený reaktor. Tepelný výkon tohoto reaktoru je 1375 MW a elektrický výkon 440 MW. Temelínská elektrárna používá již modernější tlakovodní reaktor VVER 1000, typ V 320.[13]



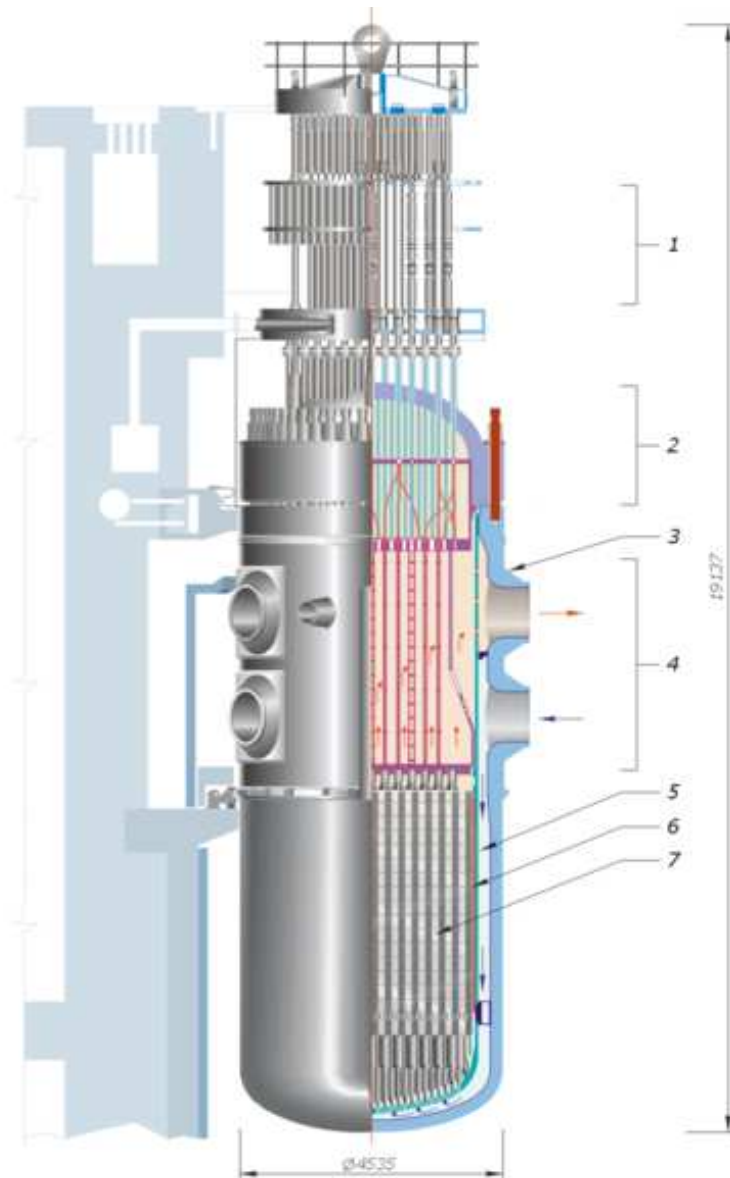
Obrázek 3 Princip výroby jaderné energie v jaderných elektrárnách[13]

Popis obrázku:

1. Reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejneru, 2. Chladicí věž, 3. Tlakovodní reaktor, 4. Řídící tyče, 5. Kompenzátor objemu, 6. Parogenerátor, 7. Aktivní zóna, 8. Turbína, 9. Elektrický generátor, 10. Transformační stanice, 11. Kondenzátor sekundárního okruhu, 14. Přívod vzduchu do chladicí věže, 15. Odvod teplého vzduchu a páry komínovým efektem, 16. Oběhové čerpadlo primárního okruhu, 17. Napájecí čerpadlo chladicího okruhu, 18. Primární okruh, 19. Sekundární okruh, 20. Oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladicí vody, 21. Oběhové čerpadlo sekundárního okruhu, 22. plynometr

3.3 Jaderný reaktor

Jaderný reaktor je zařízení, ve kterém se uvolněná energie při jaderném štěpení přeměňuje a energii tepelnou, která se dále využívá k výrobě elektrické energie. Reaktory mají různé konstrukce, pracují na různých principech a mají také různou oblast využití.[16]





Obrázek 4 Řez jaderným reaktorem VVER-1000 (Temelín) [17]

Legenda k obrázku Obrázek 4 Řez jaderným reaktorem VVER-1000 (Temelín) [17]

1 - pohony regulačních tyčí; 2 - víko reaktorové nádoby; 3 - tlaková nádoba reaktoru; 4 - vstupní a výstupní hrdla; 5 - koš aktivní zóny; 6 - aktivní zóna reaktoru; 7 - palivové soubory

V našich jaderných elektrárnách Temelín a Dukovany najdeme jaderný reaktor lehkovodní tlakový PWR, což je anglická zkratka Pressurized light-Water cooled and moderated Reactor, známý také pod ruskou zkratkou VVER (Vodo-Vodjanyj Energetičeskij Reaktor). Palivem v tomto reaktoru je obohacený uran ve formě oxidu urančitého UO_2 , moderátorem i chladivem je obyčejná voda. Uran je uměle obohacený právě proto, že přírodní uran je složen ze dvou izotopů s nukleonovými čísly 238 a 235, avšak pro štěpení je vhodný jenom izotop 235, kterého je v přírodním uranu pouze 0,7%. [16]

Parametry jaderných reaktorů našich elektráren		
	JE Dukovany	JE Temelín
typ reaktoru	VVER 440	VVER 1000
tepelný výkon	1375 MW	3000 MW
průměr tlak. nádoby	3,56 m	4,5 m
výška tlak. nádoby	11,8 m	10,9 m
palivové kazety	312 ks	163 ks
hmotnost paliva	42 t	92 t
moderátor a chladivo	obyčejná (lehká) voda	obyčejná (lehká) voda
tlak v reaktoru	12,25 MPa	15,7 MPa
teplota chladiva	267 °C - 297 °C	290 °C - 320 °C
		

Obrázek 5 Parametry jaderných reaktorů [16]

V jaderném reaktoru dochází k řízení štěpné reakce v palivu. Jádra izotopu ^{235}U zasažená pomalými neutrony se rozpadají na jádra lehčích prvků a současně se při každém štěpení uvolní až tři rychlé neutrony. Fragmenty se vzájemně odpuzují a velkou rychlostí se od sebe rozlétají. Při jejich zabrzdění srážkami s ostatními atomy paliva se kinetická energie mění na teplo, materiál se silně zahřívá. Uvolněné neutrony mohou způsobit štěpení dalších uranových jader a jaderná reakce může dále probíhat jako řízená řetězová reakce. [16]

Jadernou energii lze uvolnit dvěma rozdílnými způsoby a podle nich lze reaktory rozdělit následovně:

- Štěpný jaderný reaktor
- Fúzní jaderný reaktor
- Radioizotopový termoelektrický generátor

Štěpný jaderný reaktor

Tento druh jaderného reaktoru ve světě v drtivé většině převažuje a proto se v běžné literatuře pod názvem jaderný reaktor myslí právě tento typ. Ve štěpném reaktoru se jaderná energie získává pomocí štěpení těžkých jader jako je například ^{235}U . Štěpný jaderný reaktor se nachází jak v jaderných elektrárnách, tak také v jaderných ponorkách i v menších výzkumných reaktorech pro různé experimenty, výrobu radiofarmak, apod.[17]

Fúzní jaderný reaktor

V tomto reaktoru je jaderná energie získávána pomocí slučování lehkých jader jako například deuterium a tritium. Tento jaderný reaktor se vyvíjí už desítky let a dle prognóz ještě několik desítek let výzkumu bude trvat, než se bude moct využít ke komerčním účelům.[17]

Radioizotopový termoelektrický generátor

V tomto reaktoru se jaderná energie získává pomocí přirozeného rozpadu těžkých kovů. Jde o přirozený rozpad těžkých jader. Pojem reaktor se u tohoto zařízení nepoužívá. Využívá se především jako dlouhodobý bezúdržbový zdroj elektrické energie o nízkém výkonu u zařízení jako jsou například kosmické sondy.

3.4 Atomový zákon

Atomový zákon neboli zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření. Tento zákon se zabývá:[18]

- způsobem využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření,
- systémem ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření,

- povinnostmi při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod,
- zvláštními požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod,
- podmínkami zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady,
- výkonem státní správy a dozoru při využívání jaderné energie, při činnostech vedoucích k ozáření a nad jadernými položkami.

Atomový zákon také upravuje působnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Úřad pro jadernou bezpečnost vykonává státní dozor nad jadernou bezpečností, fyzickou ochranou, radiační ochranou, havarijní připraveností a kontroluje dodržování povinností podle tohoto zákona. Dále například schvaluje dokumentaci, programy způsob zajištění fyzické ochrany, havarijní řády, aj.[18]

Jaderná energie a jaderné položky smějí být používány pouze pro mírové účely. Každý, kdo využívá jadernou energii, musí dbát na to, aby jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech mohou vzniknout.

3.5 Nové technologie v jaderné energetice

V minulosti došlo k několika závažným jaderným haváriím, které ovlivnily pohled na jaderné elektrárny a výrobu elektrické energie v nich. Jedná se například o havárie z roku 1979 v americkém Three Mile Island, z roku 1986 v ukrajinském Černobylu a z roku 2011 v japonské Fukušimě. Kvůli těmto haváriím získaly jaderné elektrárny značnou nedůvěru lidí. Produkce jaderné energie postupem let stoupá, avšak děje se tak paralelně s produkcí z jiných energetických zdrojů. Některé země se rozhodly uzavřít své jaderné programy. V posledních letech dochází k přehodnocování těchto programů, a to z důvodu vzrůstající ceny ropy. V současné době je na světě zhruba 500 jaderných elektráren.[13]

3.5.1 Reaktory III. generace

Z důvodu zvýšení bezpečnosti a snahy o zabránění jakékoliv havárie ohrožující zdraví lidí a zlepšení spolehlivosti i ekonomiky provozu jaderných elektráren bylo potřeba navrhnout a zrealizovat myšlenku reaktorů III. generace. Oproti předešlé II. generaci mají reaktory III. generace lepší bezpečnostní vlastnosti, jednodušší a robustnější konstrukci, která umožňuje zjednodušení provozu a větší odolnost vůči lidskému faktoru. Životnost těchto

reaktorů by měla být až 60 let a vědci nám slibují minimální vliv na životní prostředí. Díky použití reaktorů III. generace se zmenšila spotřeba uranu i objemu radioaktivního odpadu. A díky tomu je zajištěno vysoké vyhoření paliva.[13]

Co se týče bezpečnosti, největší důraz je kladen na pasivní bezpečnostní prvky. Řešení krizových situací probíhá na základě přírodních zákonitostí a nepotřebuje zásah operátora či kontrolního systému. Celková konstrukce budov zajišťuje odolnost proti pádu letadla a dalším vnějším vlivům, jako je například zemětřesení.[13]

3.5.2 Reaktory IV. generace

Tyto reaktory jsou již od počátku brány jako budoucnost jaderné energetiky. Hlavním rozdílem rychlého jaderného reaktoru oproti klasickému je, že nepotřebuje moderátor a štěpná reakce probíhá pomocí nezpomalených, rychlých neutronů. Použitím těchto reaktorů by se prodloužila životnost zásob uranu a zmenšila se tak jeho těžba, která nepříznivě působí na životní prostředí.[13]

Z rychlého množivého reaktoru se uvolňuje více energie, kterou by voda ani plyn nemohli odvádět. Proto se u těchto reaktorů používá jako chladivo sodík. V budoucnu by mohlo být i jako chladivo použito olovo, inertní plyn nebo slitiny sodíku a bismutu.[13]

Komplikaci představuje bezpečnost těchto reaktorů, neboť pracují s vysokou hustotou štěpitelných prvků. Uvolňuje se tak velké množství tepla a odezva reaktoru na vnější vlivy je kratší díky rychlým neutronům. Výhodou však je, že díky vysoké teplotě varu sodíku (883°C), nemusí být v reaktoru vysoký tlak. Jeho vysoká tepelná vodivost zajistí v případě havárie dostatečné chlazení reaktoru přirozenou cirkulací.[13]

Těchto reaktorů je jen několik. Ve Francii byl v roce 1973 postaven reaktor Phénix s výkonem 250 MW a v roce 1982 byl dokončen reaktor Superphénix s výkonem 1200MW, který byl díky několika problémům s chladicím systémem odstaven v roce 1997.[13]

Dalším rychlý reaktor je na území japonského Monju, který má výkon 280 MW a je chlazen tekutým sodíkem. Díky problémům s chlazením byl odstaven a jeho spuštění se počítá na rok 2009. V Ruské Bělojarské jaderné elektrárně je jediný rychlý reaktor, který funguje a zásobuje elektrickou síť s výkonem 600 MW.[13]

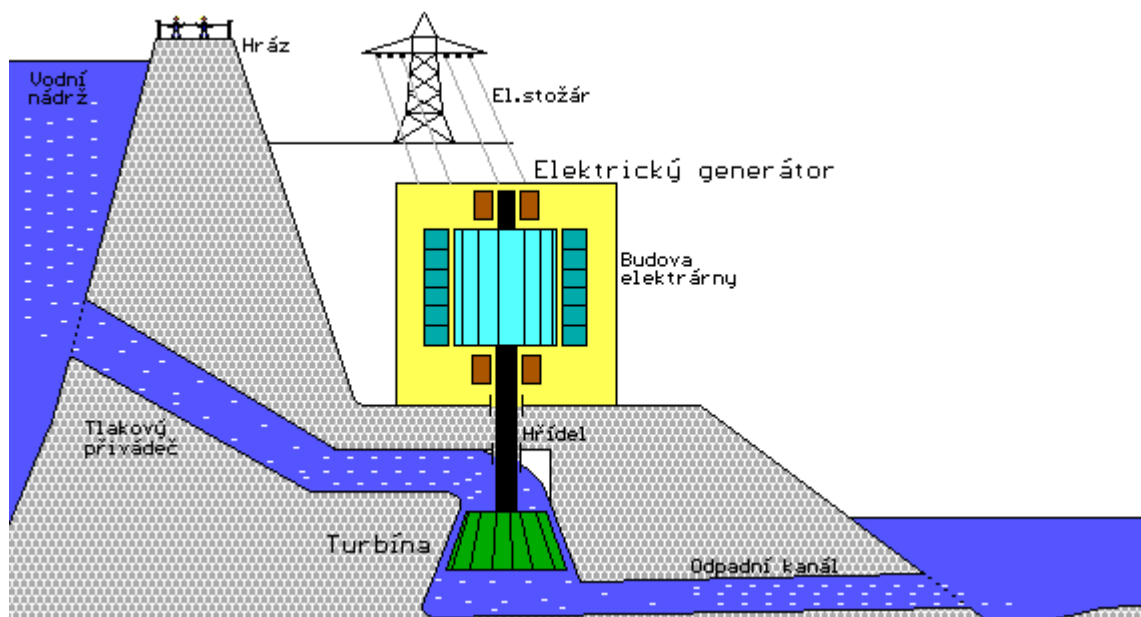
Důvod proč těchto reaktorů není víc je, že jsou technologicky náročnější a také dražší. Dobývání uranu je tak stále levnější variantou než jeho výroba v reaktorech IV. generace.[13]

3.6 Přehled alternativních metod výroby elektrické energie

V následující kapitole jsou popsány pozitiva a negativa alternativních metod výroby elektrické energie.

3.6.1 Vodní elektrárny

Je založena na přeměně vodní energie v energii elektrickou. Výroba pomocí vody je nejstarší známou výrobou energie. Jako sluneční energie se i voda řadí mezi obnovitelné a nevyčerpatelné zdroje. Jejím provozem minimálně znečišťuje okolí, vyžaduje minimální obsluhu a údržbu lze dálkově ovládat. Přehradní hráze mohou zabránit menším povodním, ty větší už ovlivní jen málo. S výstavbou přehradních hrází či jezů souvisí i jejich pořizovací cena a čas na jejich výstavbu. Brání také volnému průjezdu lodí a je potřeba tedy vystavět systém plavebních komor. Nejdůležitější je však závislost na stabilním průtoku vody.[13]



Obrázek 6 Schéma vodní elektrárny [20]

V ČR jsou vodní elektrárny jak velké tak i malé. Mezi velké patří Lipno, Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice, Vrané, Nechanice a Sřekov. U malých to jsou pak např. Mohelno, Lučina, Nýrsko, Želivka atd. Česká republika má také své přečerpávací elektrárny, které slouží jako sklad elektrické energie. Jsou tvořeny pro potřeby jaderných elektráren. Řeší problém u rozdílných elektrických energií během pracovního dne, kdy je největší spotřeba a v noci kdy je spotřeba menší. V době denní špičky spotřeby elektrické energie bývá spuštěna a dokáže vytvořit několik MW elektřiny. V noci je však přebytek energie, je levná a

proto se spouští zpětný chod, kdy se voda začne přečerpávat ze spodní nádrže do horní. Na našem území leží přečerpávací elektrárna Dalešice, sloužící jaderné elektrárně Dukovany, Dlouhé stráně, Štěchovice a Černé jezero.[13]

3.6.2 Sluneční elektrárny

Další možností k výrobě elektrické energie je energie sluneční. Provozní náklady jsou nízké díky energii ze Slunce, které je nevyčerpatelným zdrojem. Velkým plusem těchto elektráren je nenáročná obsluha, čímž je sníženo riziko případné chyby lidského faktoru. Energie ze slunečních elektráren může nahradit až 50% potřeby tepla k vytápění a až 70% potřeba tepla k ohřevu vody v domácnosti.[13]

K negativům můžeme přiřadit počáteční vysoké investice a také fakt, že sluneční záření během roku v našich klimatických podmínkách kolísá a tak ho nelze využít jako samostatný zdroj tepla.

3.6.3 Větrné elektrárny

Větrná elektrárna pracuje na principu přeměny kinetické energie větru na energii elektrickou. Ke svému chodu nepotřebují žádné palivo, čímž nezatěžují životní prostředí. Dříve byla zmiňována jejich hlučnost jako negativní vlastnost. Dnes už nejsou větrné elektrárny nikterak hlučné.[13]



Obrázek 7 Větrná elektrárna [21]

Pokud bychom chtěli vytvořit 1 000 MW energie, potřebovali bychom plochu 35 000 km² (například jaderná elektrárna potřebuje plochu jen v řádech několika km²).

Velkými negativy tohoto způsobu elektrické energie jsou vysoké počáteční investice a hlavně nestálost větrného zdroje. Nejvíce větrných elektráren se staví v nadmořských výškách nad 600m, Nejvýše položenou větrnou elektrárnou je větrná elektrárna Mravenečník, která leží v nadmořské výšce 1160m. V současné době je odstavena.[13]

3.6.4 Porovnání výroby jaderné energie a jejich alternativ

Poslední roky začínají být ekonomicky i provozně výhodnější jaderné elektrárny. Cena uranu pro výrobu jaderné energie je dnes nízká. Co se týče samotné technologie výroby, lze ji dnes považovat za zvládnutou a rizika havárií se zdají být minimální. Velkou výhodou jaderné elektrárny oproti jiným je to, že jaderná elektrárna je stabilním zdrojem. Naproti tomu například větrná nebo sluneční elektrárna je závislá sice na nevyčerpatelných zdrojích, avšak tyto zdroje jsou nestabilní. V roce 2007 byla vydána studie hodnotící velké elektrárny v USA. Výsledky této studie jsou zpracovány v tab. 1. Velká výhoda jaderné elektrárny je, že minimálně zatěžuje ovzduší. Jaderná elektrárna není hlučná, nepotřebuje vítr, slunce, vodu (tu jen pro chlazení). Z ekonomického hlediska není stavba jaderné elektrárny nikterak náročná, jako je tomu např. u vodní či větrné elektrárny.

Elektrárna	Potřeba plochy (km ²)	Znečištění ovzduší	Znečištění vod	Produkce odpadů	Ostatní ekologické vlivy
Jaderná	10	Z	N	N	N
Větrná	600	Z	Z	S	N
Sluneční	200	Z	Z	S	S
Vodní	30	Z	S	V	N

Pozn.: V-vysoký, S-střední, N-nízký, Z-zanedbatelný

*Tabulka 1 Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí
(vlastní zpracování)*

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA JADERNÝCH HAVÁRIÍ

Riziko nehody atomové elektrárny je přímo úměrné úrovni tzv. "jaderné bezpečnosti". Pojem jaderná bezpečnost můžeme definovat jako schopnost jaderného zařízení a také schopnost obsluhy elektrárny zajistit, aby se proces získávání energie štěpením nikdy nevymknul regulaci a řízení, a aby všechny radioaktivní látky, které v tomto procesu vznikají, nemohly proniknout do biosféry.[14]

4.1 Jaderná bezpečnost a státní dozor

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) zajišťuje státní správu a dozor při využívání jaderné energie v oblasti radiační, jaderné, chemické a biologické ochrany ČR. Můžeme tedy říci, že jeho hlavním úkolem je dbát na bezpečnost jaderných elektráren Temelín a Dukovany. Mimo jiné také sleduje možné negativní dopady elektrárny na okolí, snaží se je maximálně snižovat a minimalizovat rizika jaderné havárie.[14]

Výkon státní správy a dozoru nad jadernou bezpečností je prováděn dvěma základními způsoby: kontrolní činností a činností správní, spočívající především ve vydávání povolení a schvalování zákonem předepsaných dokumentů.[15]

Dodržování podmínek stanovených Atomovým zákonem pro vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie jsou hlavním předmětem při výkonu dozoru nad jadernou bezpečností. Jedná se zejména o:[15]

- činnosti vykonávané na jaderných zařízeních, kterými jsou stavby a provozní celky s jaderným reaktorem, zařízení na výrobu, zpracování, skladování a ukládání jaderných materiálů, úložiště radioaktivních odpadů a zařízení pro skladování radioaktivních odpadů
- projektování, umístění, výstavba, uvádění do provozu
- provoz, rekonstrukce, vyřazování z provozu
- navrhování, výroba, ověřování a opravy systémů jaderných zařízení a jejich součástí
- navrhování, výroba, ověřování a opravy obalových souborů pro manipulace s jadernými materiály
- přeprava jaderných materiálů a radioaktivních látek
- fyzická ochrana jaderných zařízení
- nakládání a přeprava radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva

- odborná příprava vybraných pracovníků
- výzkum a vývoj činností souvisejících s využíváním jaderné energie
- dozor nad zajišťováním technické bezpečnosti vybraných zařízení.

4.2 Bezpečnostní rizika

Podle [14] je riziko nehody atomové elektrárny přímo úměrné úrovni tzv. Jaderné bezpečnosti.

Často se řeší otázka, zda je nehoda atomové elektrárny možná a co ji může způsobit. Pro lepší posuzování událostí byla Mezinárodní agenturou pro atomovou energii vytvořena stupnice INES (The International Nuclear Event Scale), která hodnotí události v jaderných zařízeních pomocí stupnice. Jednotlivé stupně jsou popsány následovně:[14]

- 0 – událost bez významu pro bezpečnost – nejběžnější provozní poruchy
- 1 – odchylka od normálního provozu – poruchy, které nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření
- 2 – porucha - technické poruchy, které neovlivní bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k přehodnocení bezpečnostních opatření
- 3 - vážná porucha - ozáření obsluhy elektrárny, menší únik radioaktivity do okolí
- 4 - havárie s účinky v jaderném zařízení - částečné poškození aktivní zóny, ozáření obsluhy elektrárny, ozáření okolních obyvatel
- 5 - havárie s účinky na okolí - vážnější poškození aktivní zóny, únik 100 až 1000 Tbg biologicky významných radioizotopů, nutnost částečné evakuace okolí
- 6 - závažná havárie - velký únik radioaktivních látek mimo objekt, nutnost využít havarijních plánů k ochraně okolí
- 7- velká havárie - značný únik radioaktivních látek na velkém území, okamžité zdravotní následky, dlouhodobé ohrožení životního prostředí

Do roku 2014 došlo jen k několika haváriím, které lze zařadit do stupně 4-7. Byly to například:

- 1979 nehoda v jaderné elektrárně Three Mile Island v USA (stupeň 5)
- 1986 nehoda v jaderné elektrárně Černobyl (stupeň 7)
- 2011 ve Fukušimě (stupeň 7)

Dle odborníků na problematiku jaderných elektráren je riziko jaderné havárie u obou našich jaderných elektráren minimální. Přesto se pro případ havárie realizují rozsáhlá opatření. Obsluha elektrárny přesto dbá jak na bezpečnost zařízení z hlediska jejich technického stavu, tak na vlastní provoz. Což dokazují nejen výsledky šetření inspekce orgánů státního dozoru nad jadernou bezpečností, ale také závěry uskutečněných mezinárodních prověrek.[14]

Opatření pro případ řešení mimořádné události jsou podobná těm, které jsou připravovány pro případ vzniku mnohem pravděpodobnějších mimořádných událostí, jako jsou například záplavy, požáry a jiné průmyslové havárie.[14]

Ochranná opatření pro ochranu obyvatelstva spočívají v ukrytí osob a evakuaci. Ochranná opatření ukrytí se vyhláší na celém území zóny havarijního plánování. Rozsah evakuace závisí n rozhodnutí Krizového štábu.[14]

Oblast havarijního plánování je oblast, ve které se plánuje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva. V případě jaderné elektrárny Temelín je to pomyslná kružnice o poloměru 13 km okolo jaderné elektrárny. V celé zóně se předem plánují opatření k vyrozumění orgánů, varování obyvatelstva a pro ochranné opatření ukrytí a regulaci pohybu osob.[14]

4.3 Hodnocení jaderné bezpečnosti

SÚJB hodnotí každoročně dosaženou úroveň jaderné bezpečnosti provozu jaderných elektráren pomocí provozně-bezpečnostních ukazatelů.

Tyto ukazatelé byly vypracovány počátkem devadesátých let, prvním hodnoceným rokem byl rok 1991 v jaderné elektrárně Dukovany a hodnotí čtyři oblasti provozu jaderné elektrárny:[15]

1. Významné události
2. Provoz bezpečnostních systémů
3. Těsnost bariér
4. Radiační ochranu

4.4 Jaderný odpad

Tak jako jakákoliv lidská činnost, i jaderná energetika se neobejde bez odpadů. Co se týče průmyslových nebo chemických odpadů, většinou jsou jedovaté nebo jinak nebezpečné po

celou dobu. Naproti tomu jaderný odpad svou nebezpečnost postupně ztrácí a to díky radionuklidům, které se s charakteristickým poločasem rozpadu přeměňují na neaktivní prvky. Dalším pozitivem jaderného odpadu je to, že použité jaderné palivo lze dále přepracovat na nové palivo nebo ho jinak využít v reaktorech nových typů.[15]

4.4.1 Nakládání s vyhořelým jaderným palivem (VJP)

Vyhořelé jaderné palivo vzniká jako vedlejší produkt při výrobě jaderné energie a při výrobě jaderně-energetických výzkumných reaktorů. Vlastník vyhořelého nebo ozářeného jaderného paliva je povinen s ním nakládat tak, aby nebyla ztížena možnost jeho další úpravy. Dle atomového zákona se na nakládání s vyhořelým jaderným palivem vztahují požadavky jako na radioaktivní odpad.[14]

Vyhořelé jaderné palivo se po vyvezení z reaktoru skladuje vedle reaktoru každého bloku obou jaderných elektráren v tzv. bazénu. Zde je palivo skladováno po dobu nezbytně nutnou ke snížení výkonu zbytkového tepla. Poté je vyhořelé palivo odvezeno do vybudovaných suchých skladů, kde je dlouhodobě skladováno po dobu několika desítek let. Suché skladování je zvládnutá, dlouhodobě ověřená a bezodpadová technologie založena na izolaci VJP v obalových souborech pro přepravu a skladování.[14]

V souvislosti s nehodou v jaderné elektrárně Fukušima probíhají v ČR zátěžové testy požadované Radou Evropy. Jejich obsahem je i posouzení bezpečnosti skladování vyhořelého jaderného odpadu v bazénech jednotlivých reaktorů v jaderných elektrárnách Dukovany a Temelín. Samostatné suché a mokré sklady VJP nejsou součástí těchto testů, a to proto, že provoz obdobných skladů v areálu jaderné elektrárny Fukušima nebyl po zemětřesení a následné vlně tsunami v roce 2011 výrazně omezen a nedošlo k úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Bylo prokázáno, že pasivní charakter suchých skladů je dostatečně robustní a odolný i vůči neprojektovým nehodám.[14]

4.4.2 Nakládání s radioaktivním odpadem (RAO)

V České republice probíhá nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem v souladu s koncepcí schválenou vládou ČR v roce 2002 (usnesení vlády č. 487/2002). V této koncepci je zformulována strategie státu a státních orgánů při nakládání s RAO na období přibližně do roku 2025 s výhledy až do konce 21. století.[14]

V JE Dukovany a v JE Temelín jsou kapalné radioaktivní koncentráty fixovány do formy vhodné pro uložení, tzv. bitumen. Hlavním technologickým zařízením je rotorová odpar-

ka, kde dochází ke smísení koncentrátu s bitumenem za současného odpařování vody. Takto vzniklý produkt je plněn do 200 litrových sudů. Pevný radioaktivní odpad je nízkotlance lisován do sudů také o objemu 200 litrů, nebo je spalována vysokotlance lisován v zahraničí.[15]

Ministerstvem průmyslu a obchodu byla zřízena státní organizace Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO), zajišťující činnosti spojené s ukládáním radioaktivního odpadu. Náklady na činnost spojenou s ukládáním RAO a VJP jsou hrazeny z jaderného účtu, na který odvádějí příslušné finanční prostředky původci těchto odpadů a to ve výši stanovené nařízením vlády. Jaderný účet je součástí státních finančních aktiv a pasiv a spravuje jej Ministerstvo financí.[14]

V České republice jsou v současné době provozována prostřednictvím SÚRAO tři úložiště radioaktivních odpadů (ÚRAO) – ÚRAO Dukovany, ÚRAO Bratrství, ÚRAO Richard.[14]

4.5 Jaderný terorismus

Můžeme se setkat s jadernými haváriemi, které vznikly z nedbalosti, ale také může nastat situace, která je vyvolána úmyslně. Takovou situaci, spojenou s jadernou problematikou, můžeme nazvat jaderným terorismem.

Ničivé působení jaderných zbraní je dáno energií, která se uvolňuje při jaderném výbuchu, jehož základem je jaderná reakce. Z hlediska principu rozlišujeme dva typy jaderných zbraní. Jedná se o štěpné a termonukleární jaderné zbraně. [5]

Štěpná jaderná zbraň obsahuje nadkritické množství štěpných látek. Do okamžiku roznětu zbraně musí být její náplň podkritická. K dosažení nadkritického stavu jsou používána dvě konstrukčně-technická uspořádání. Implozní a hlavňové.[5]

Termonukleární jaderné zbraně využívají k uvolnění energie principu jaderné syntézy, což je proces, při němž se atomová jádra lehkých prvků spojují a tvoří jádro těžšího prvku. Pro iniciaci jaderné syntézy se využívá štěpné řetězové reakce.[5]

Radiologické zbraně tvoří samostatnou skupinu jaderných zbraní a využívají zhoubné účinky ionizujícího záření některých prvků. K rozptýlení radioaktivní látky se může použít nálož klasické trhaviny a rozptylu z letadla, čímž dojde k rozsáhlé radioaktivní kontaminaci území. [5]

Ničivé účinky jaderného výbuchu jsou tlaková vlna, světelné a tepelné záření a pronikavá radiace. Tyto okamžité účinky vystřídají požáry a radioaktivní zamoření.

Tlaková vlna

V důsledku vysoké teploty je v ohnivé kouli mnohonásobně vyšší tlak než v okolní atmosféře. V důsledku vysokého tlaku dochází k rozpínání všemi směry. Okolní vzduch se stlačuje a vzniká čelní tlaková vlna. Několik desetin sekund po výbuchu se tlaková vlna pohybuje spolu s povrchem ohnivé koule, pak se ale odtrhne a šíří se v prostoru rychlostí větší, než je rychlost zvuku. [5]

Lidský organismus vydrží celkem vysoký tlak, ale pouze v případě, že se jedná o postupný nárůst. V případě tlakové vlny se ale jedná o rychlý nárůst tlaku. Rychlý přetlak způsobuje poškození ušních bubíneků, těžká zhmoždění, krvácení z uší a nosu, zlomeniny, a může nastat i poškození plic, žaludku, střev nebo v nejhorším případě rovnou smrt. [5]

Světelné a tepelné záření

Jedná se o obrovský proud zářivé a tepelné energie, který způsobuje tavení, zuhelnatění a vznícení různých materiálů, včetně popálenin lidského těla. Při jaderném výbuchu dosahuje teplota několik set desítek miliónů stupňů. Světelný efekt, který je prvním charakteristickým znakem výbuchu, můžeme rozdělit na dvě období. Během prvního záblesku, který trvá asi mikrosekundu, se projeví velmi intenzivní oslňující světlo. V této době však k požárům nedochází.[5]

V druhém časovém úseku, který trvá několik sekund, je sice světlo méně intenzivní, protože na něj dopadá menší část uvolněné energie, ale vzhledem k delšímu trvání dochází k požárům. [5]

Ochrana před světelným a tepelným zářením je poměrně jednoduchá, vzhledem ke krátké době působení. Jakékoliv zastínění neprůsvitným materiálem poskytuje dobrou ochranu těla. Určité nebezpečí ale hrozí zraku.[5]

Pronikavá radiace

Pronikavá radiace provází jaderný výbuch a je způsobena produkty jaderných reakcí, nezařadovaným zbytkem jaderné nálože a aktivitou vyvolanou v okolních látkách. Doba působení pronikavé radiace záleží na jaderné zbrani. Vesměs to bývá většinou 10 – 15 sekund. Množství záření z pronikavé radiace, které je pohlceno organismem se nazývá absorbovaná

látka. Ochrana proti pronikavé radiaci je možná jen v úkrytu nebo v podzemních prostorech, kde je taková silná vrstva pevných materiálů, která záření zeslabí.[5]

Radioaktivní zamoření

Radioaktivní zamoření se týká terénu. Způsobuje ho rozptýlení nezreagované náplně, produkty štěpení a indukovanou radioaktivitou okolních látek. Při vysokých vzdušných výbuchích je toto zamoření terénu nízké. Naopak vysoké je například u podvodních, podzemních a pozemních výbuchů.[5]

Ochrana proti radioaktivnímu zamoření vychází z toho, že radioaktivita terénu trvá až roky a proto musí organizovat režimy života. Při teroristickém útoku se však velké zamoření radioaktivitou nepředpokládá, takže v úvahu přichází především evakuace. [5]

5 ANALÝZA NEJVĚTŠÍCH JADERNÝCH HAVÁRIÍ

Většina havárií souvisí s únikem způsobujícím kontaminaci uvnitř kontrolovaných zón, ale neměla významný dopad na vnější prostředí. Některé nehody měly blízko k úniku radioaktivních látek. Kvůli utajení je však těžké určit s jistotou rozsah a průběh některých událostí nebo se o nich něco dozvědět. Některé havárie způsobily zranění nebo smrt lidí, jiné nikoliv. Přesto jaderné elektrárny vzbuzují v mnoha lidech strach a nejistotu.

V následující kapitole jsou rozebrány a zanalyzovány některé významné jaderné havárie posledních let.

5.1 Majak 1957

O havárii v jaderném komplexu Majak v Čeljabinské oblasti v Rusku se moc neví. Jde o jadernou havárii, která se musela utajit. Jaderný komplex Majak byl vybudován jako kombinát pro zpracování radioaktivních odpadů. Byla to Stalinova chloubka. Stalin, pravým jménem Josif Vissarionovič Džugašvili (1878-1953), slavil svých 70 let. Právě tehdy na jeho počest byla slavnostně odpálena testovací bomba s obsahem plutonia. Toto plutonium pocházelo právě z Majaku a Stalina těšil jaderný úspěch jeho vlasti.[32]



Obrázek 8 Jaderný komplex Majak [32]

Městem Majak protéká řeka Teča, o pár kilometrů od města Majak je městečko Ozjorsko, kde bydleli převážně zaměstnanci jaderného komplexu. S jaderným tekutým odpadem si tam lidé hlavu nelámali. Od první chvíle ho vylévali přímo do Teče. To by možná znamenalo tak obrovský problém, kdyby tuto informaci netajili. Podél břehu Teče totiž bylo

několik vesniček, pro jejichž obyvatele byl vodovodní kohoutek luxus, který si nemohli dovolit a tak vodu nabírali přímo z Teče do kbelíků a používali ji nejen k mytí, ale také k vaření a pití.[32]

Zhruba po pěti letech od postavení prvního reaktoru (1953) místní lékaři zpozorněli. Obrovským procentem vzrostl počet rakovinových onemocnění, rodily se zdeformované děti a místní obyvatelé byli o hodně častěji nemocní než dříve. Laboratorní testy ukázali, jak ohromné dávky radioaktivity do sebe lidé každodenně dostávali. Došlo k rychlé a chaotické evakuaci. Z 272 000 lidí bezprostředně ohrožených radiací vláda evakovala jen asi 10 200 vyvolených. Velká část z evakuovaných lidí na následky kontaminace nakonec po několika letech podlehla.[32]



Obrázek 9 Radioaktivitou postižený obyvatel Ozjorska [32]

Osudného dne (29. září 1957) prováděla obsluha uvnitř jaderného komplexu rutinní kontrolu jediným pohledem. Kolonku s datem odškrtnla obsluha na kontrolním formuláři jako prověřenou a v pořádku. Kdyby byla kontrola prováděna důkladněji, možná by si obsluha všimla, že poškozená soustava pomalu vypovídala službu a teplota uvnitř skladiště výrazně stoupala. Došlo k výbuchu. Výbuch vytrhl kusy zdiva, tlaková vlna tříštila skla. To byl podle všeho jen začátek.[32]

Lidé nevěděli, co přesně se v komplexu ukrývá. Proto výbuchu nevěnovali pozornost a vrátili se v klidu do svých domů. Splašky s kombinátu způsobily po čase lidem rakovinu, leukémii a předčasnou smrt.[32]

Do vzduchu vyletělo kolem 300 metrů krychlových látek tak nebezpečných, že konečné následky si netroufali odhadovat ani největší ruští odborníci.

Vláda místo toho, aby se snažila lidem pomoci, řešila jiný problém. Snažila se o co největší utajení této havárie. Nikdo se o této katastrofě nemohl dozvědět. Radiace byla nejen v místě, ale i několik desítek kilometrů okolo, tak vysoká, že na následky ozáření umíral v průměru jeden člověk týdně.[32]

Pár dní po nehodě se vláda rozhodovala, kde uloží další tekutý odpad. Ten nakonec uložili blízké jezero Karačaj. Dalších 16 let od nehody tečou do jezera koncentráty radioaktivního odpadu. Výsledky testů posléze ukazují, že je zde 118krát kontaminovanější než nejbližší okolí Majaku. Prach z břehů jezera vítr roznese po okolí. Jedinou krátkou koupelí v jezeře byste se už nevzpamatovali. Rusko vystavilo radioaktivnímu záření a kontaminované vodě více než půl milionu lidí.[32]

Příčina jaderné havárie v Majaku – technická závada.

5.2 Jaslovské Bohunice 1977

Jde o největší jadernou havárii v Československu. Elektřinu začal reaktor A-1 v jaderné elektrárně v Jaslovských Bohunicích vyrábět 25. prosince 1972. Ve druhé polovině 70. let došlo v elektrárně ke dvěma vážnějším haváriím. Při té druhé došlo k částečnému roztavení paliva a reaktor už poté nebyl nikdy zprovozněn. [19]

Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice se nachází v blízkosti Trnavy na Slovensku. Jedná se o elektrárnu s pěti jadernými reaktory, postupně postavené v jedné lokalitě. Jednotlivé části jsou označovány zkratkami:

- A-1 (jeden reaktor)
- V1 (dva reaktory)
- V2 (dva reaktory)



Obrázek 10 Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice[19]

5. ledna 1976

Do haly reaktoru unikl vysoce radioaktivní oxid uhličitý. Byl vydán příkaz k evakuaci objektu. Přesto dva lidé zemřeli. Zemřeli proto, že se nemohli dostat ven zadním nouzovým východem, který byl trvale uzamčen z důvodů častých krádeží. Zhruba ve vzdálenosti jedenáct kilometrů od elektrárny byla v trávě naměřena vysoká hodnota cesia Cs-137 a to kolem 500Bq/kg, v kukuřici přesáhlo zamoření jódem I-131 400Bq/kg. Příčinou této jaderné havárie bylo nedostatečné zasunutí palivových článků. [19]

22. únor 1977

Druhá daleko závažnější nehoda se stala o 13 měsíců později. Obsluha měnila palivové články, aniž by přerušila provoz. Omylem, možná ze spěchu, spustili do reaktoru i článek ucpáný těsnícím silikagelem. Tím pádem jím nemohl proudit chladicí plyn a začal se tavit nejen palivový článek, ale i stěna kanálku, ve kterém byl článek zasunut, a došlo k úniku radioaktivní vody. [19]

Do okolí uniklo vysoké množství radioaktivity. Množství cesia CS 137 dosáhlo v některých rostlinách až 67000 Bq/kg, množství stroncia Sr-90 až 28000 Bq/kg. Dokonce byly na některých místech řeky Dudváh zjištěny tak vysoké hodnoty radiace, srovnatelné s okolím

Černobyli v období jeho evakuace. Celkem uniklo do ovzduší více než 100násobek povoleného limitu pro všechny čtyři reaktory za jeden rok. [19]

Ovšem tím to neskončilo. Částečně roztavený reaktor zůstal tak, a čekalo se na vývoj nových technologií, které by umožnily bezpečnou likvidaci. Čekalo se tak dlouho až došlo k rozsáhlé korozi nejen reaktoru, ale i bazénů s poškozeným palivem, a tak radioaktivní látky začaly pronikat do životního prostředí. [19]

V polovině roku 1990 byla v řece Dudváh naměřena kontaminace prudce jedovatými látkami a starostům přilehlých obcí bylo doporučeno, aby se řece lidé vyhýbali. Následnou kontrolou se zjistilo, že v okolí elektrárny dosahuje intenzita radiace až 20násobku povolené úrovně. Ve spodní vodě byla nalezena velká koncentrace radioaktivního tritia až 11 000 000 Bq/l. Přitom norma pro pitnou vodu je 700 Bq/l. [19]

Příčina jaderné havárie v Jaslovských Bohunicích – selhání lidského faktoru.

5.3 Three Mile Island 1979

Havárie Three Mile Island byla havárie jaderné elektrárny ležící na stejnojmenném americkém ostrově 16km od města Harrisburg v Pensylvánii v USA.[22]

Na ostrově Three Mile Island stojí jaderná elektrárna se dvěma tlakovodními reaktory o výkonu 1000MW. V roce 1979 došlo k největší havárii, která se dosud západní jaderné energetice přihodila.[22]

Nehoda se stala na druhém bloku, který byl v čase nehody v provozu jen málo přes dva měsíce. Během této doby došlo k několika závadám, které však provozovatel elektrárny přehlížel, protože s otevřením jaderného bloku spíchal, aby ušetřil na daních. Osudného dne ráno, 28. března, zhruba ve 4 hodiny ráno vypovědělo službu čerpadlo sekundárního potrubí a také turbína, která je na něj napojená, se odpojila. Reaktor dál pracoval na plný výkon, i když už nevyráběl elektřinu. Tato situace měla za následek zvýšení teploty a tlaku v chladicím potrubí a došlo k automatickému spuštění dalších kontrolních mechanismů. Přetlakový pojistný ventil se otevřel tak jako tryska na Papinově hrnci, čímž se snížil vzrůstající tlak v potrubí a reaktor se zastavil.[22]

Tato událost se nestala poprvé. Došlo k ní již několikrát. Bohužel tentokrát se pojistný ventil zablokoval v otevřené poloze a tlak v potrubí proto stále klesal. Nádrž, do které potrubí ústilo, brzy přetekla a radioaktivní voda zaplavila prostor kolem reaktoru. Obsluha v tu

chvíli díky poplašným signálům věděla, že je nějaký problém, ale neznala jeho příčinu, protože kontrolka ukazovala, že se pojistný ventil zavřel.[23]

Naneštěstí k tomuto selhala i náhradní čerpadla, která tím pádem nemohla chladit reaktor. To, že byla čerpadla mimo provoz, obsluha nevěděla. Podle dostupných informací prý proto, že kontrolka indikující jejich nefunkčnost byla zakryta pohozenými papíry. Klesající tlak chladicí vody v reaktoru způsoboval další problémy. Reaktor, který byl v té době už zastaven, přesto vyráběl ještě zhruba 8% tepelného výkonu a bylo potřeba jej chladit. Naštěstí došlo ke spuštění havarijních čerpadel a reaktor byl chlazen hektolitry chladicí vody. Opět však došlo k chybě obsluhy. Pracovníci obsluhy špatně zareagovali a špatně pochopili vzniklou situaci. Ručně zastavili jedno z havarijních čerpadel. [22]

Během několika dalších minut, kdy voda v reaktoru začala vřít, došlo k rapidnímu nárůstu teploty, začaly praskat palivové tyče a reaktor se začal tavit. V tomto okamžiku začaly unikat radioaktivní plyny na oblohu nad okolím elektrárny.[23]



Obrázek 11 Pohled na jadernou elektrárnu Three Mile Island [23]

Provozovatel elektrárny zpočátku havárii tajila. K evakuaci došlo až po dvou dnech od události. Nejdříve došlo k evakuaci tisíců těhotných žen a dětí. Spolu s nimi šlo i dalších

asi 200 000 lidí, kteří uklidňujícím slovům úřadů nevěřili a raději nic neriskovali. V té době už ale byla radioaktivita daleko za hranicemi evakuované oblasti. [23]

Za zmínku stojí fakt, že veškeré informace a klíčové údaje chybí nebo jsou nespolehlivé. Pravděpodobně provozovatel elektrárny nechtěl, aby se tyto informace dostaly ven. Do dnes se tedy neví, kolik tehdy uniklo radioaktivních látek. Předpokládá se, že lidé byli vystaveni mnohem a mnohem vyšším dávkám, než je oficiálně uváděno.[22]

Zhruba týden po havárii začali lidé pociťovat příznaky ozáření. Záněty pokožky, silná kovová chuť v ústech, slzení a pálení očí, nevolnost, zvracení i průjmy. Nebylo výjimkou, že tyto příznaky vyústily v nevléčitelné nemoci. Během pár let po havárii se začaly objevovat oficiální studie, které například konstatovaly, že únik radioaktivity neměl žádný vliv na okolní prostředí. Tyto studie byly kritizovány odborníky. A proto se objevily i studie, které škody na zdraví a životním prostředí potvrzovaly. Například byly vydány studie, ve kterých bylo dokázáno, že havárie má vliv na štítnou žlázu dětí a nádorových onemocnění začalo rapidně přibývat. [22]

Příčina jaderné havárie v elektrárně Three Mile Island – selhání lidského faktoru.

5.4 Černobyl 1986

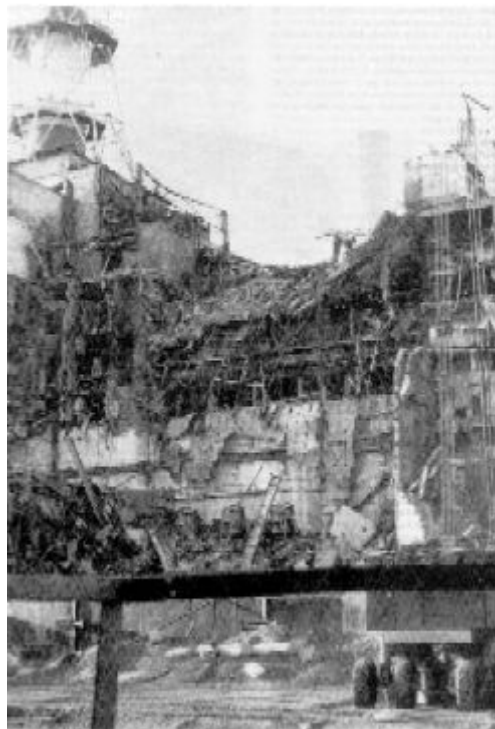
Podle [24] byla jaderná havárie v Černobylu do konce 20. století největší jaderná nehoda v dosavadní historii jaderné energetiky. Jaderná elektrárna v Černobylu leží zhruba 130km severně od hlavního města Ukrajiny Kyjeva. V době havárie patřil Černobyl na území Sovětského svazu. K nehodě došlo na 4. bloku v noci z 25. na 26. dubna. [24]

Během osudné noci došlo k několika lidským chybám a nedodržení bezpečnostních předpisů. Celá událost začala experimentem, který měl v reaktoru jaderné elektrárny ověřit setrvačný doběh turbogenerátoru. Experiment měl být proveden těsně před odstavením reaktoru z provozu. Testem se mělo zjistit, zda bude generátor jaderného reaktoru po rychlém uzavření páry do turbíny schopen ještě dalších 40 sekund napájet proudem čerpadla havarijního chlazení. [24]



Obrázek 12 Pohled na JE v Černobylu [25]

Následkem několika lidských chyb byl nekontrolovaný rostoucí výkon reaktoru, následně došlo k přehřátí paliva a poté došlo k dvěma výbuchům. Zhruba 40-60 sekund po zahájení testu. Jaderný reaktor byl tak neuvěřitelně natlakován, že pára při první explozi odsunula horní betonovou desku reaktoru o váze 1000 tun.[24]



Obrázek 13 Pár dní po havárii [25]

Černobyl by nemohl být dnes nikde postaven, protože jaderný reaktor v té době nedosahoval úrovně současných trendů bezpečného provozu. Dnes je to už 30 let od největší havárie v dějinách jaderné energetiky, a přesto je Černobyl pořád předmětem šetření a hledání chyb. Můžeme říct, že jaderná havárie byla způsobena souhrnem více faktorů. Avšak značnou část viny nese člověk. Došlo k obrovskému selhání lidského faktoru. Experiment, který způsobil jadernou havárii, prováděli elektrotechnici, nikoli specialisté na jadernou bezpečnost, protože se jednalo o takový test, který neměl mít žádný význam z hlediska jaderné bezpečnosti.[24]



Obrázek 14 Dítě narozené ozářeným rodičům [24]

Objevují se také informace, že původně měla experiment provádět směna, která na něj byla připravena více, ale vzhledem k tomu, že elektrárna potřebovala do konce měsíce splnit plán výroby elektřiny, musela se směna věnovat plnění plánu a experiment nechali pro

noční směnu, ve které bylo méně zkušených operátorů, kteří navíc na podobné testy nebyli připraveni.[24]

Spekuluje se také o tom, že 4. blok reaktoru byl schválen do provozu i přesto, že jeho bezpečnostní testy dopadly špatně.

Obrovské nebezpečí pro okolí představovalo radioaktivní zamoření. Podle některých zpráv přestala radioaktivita z reaktoru unikat až 5. května 1986. Výbuch v JE Černobyl vynesl radioaktivní látky do výše asi 1500m. Vzniklý radioaktivní mrak byl hnán větrem až ke Skandinávii a následně se vlivem vzdušného proudění vrátil zpátky na místo svého vzniku. Druhá vlna radioaktivního záření postupovala směrem na Polsko, Československo a Rakousko. [24]

Příčina jaderné havárie v elektrárně Černobyl – selhání lidského faktoru.

5.5 Fukušima 2011

Jaderná elektrárna Fukušima se nachází na území Japonska. K havárii v jaderné havárii Fukušima došlo následkem zemětřesení a tsunami. Na mezinárodní stupnici jaderných událostí (INES) byla ohodnocena stupněm 7, což je ten nejvyšší stupeň. Už během prvních dní bylo jasné, že tato havárie svými následky předčila havárii v Černobylu.



Obrázek 15 Letecký pohled na jadernou elektrárnu Fukušima [28]

V okamžiku havárie (11. března 2011) byly v provozu reaktory 1, 2 a 3, na ostatních reaktorech probíhala pravidelná údržba. Asi hodinu po zemětřesení na území Japonska zasáhla vlna tsunami, která byla následkem tohoto zemětřesení, pobřeží poblíž elektrárny. Zastavily se generátory pro nouzové chlazení, což zapříčinilo vzrůstu teploty a tlaku v reaktorech. Záložním zdrojům se sice podařilo zchladit reaktory 2 a 3, ale v reaktoru 1 nadále tlak stoupal. Ve snaze tlak snížit, se začala upouštět radioaktivní pára z kontejneru. V té době už byla naměřena zvýšená radiace uvnitř i mimo elektrárnu a došlo k výbuchu vodíku.[26]

K chlazení reaktoru byla použita i mořská voda. O dva dny později, 13. března, už chlazení na reaktoru 3 nestačilo, i zde se tedy začalo s upouštěním páry a chlazení mořskou vodou. I zde později vybuchl vodík, 15. března se situace opakovala i na reaktoru 2.[26]



Obrázek 16 Letecký pohled na reaktory [27]

Ihned po havárii reaktorů bylo vytvořeno ochranné pásmo. Původně se evakovalo obyvatelstvo v okruhu do 20 km od jaderné elektrárny, později se evakuace týkala okruhu 30 km od elektrárny. Celkem se evakovalo přes 200 000 lidí. U potravin v okolí elektrárny byl zjištěn nadlimitní obsah radioaktivity a tak byl zakázán vývoz i konzumace.[28]

Podle vyšetřovací komise mohou za jadernou havárii ve Fukušimě lidé a nelze ji považovat za přírodní katastrofu. Zpráva vyšetřovací komise z roku 2012 začíná těmito slovy: "*Zemětřesení a tsunami z 11. března 2011 byly přírodní katastrofy, jejichž rozsah šokoval celý svět. Následná havárie v jaderné elektrárně Fukušima, ačkoli byla spuštěna těmito přírodními pohromami, nemůže být považována za přírodní katastrofu.*"[29]



Obrázek 17 Výbuch v jaderné elektrárně Fukušima [30]

Ve zprávě je popsáno několik chyb, některé jsou dokonce popsány i jako nedbalostní. Podle [29] jsou hlavní příčiny v hluboce zakořeněných zvyklostech japonské kultury – v bezděčné poslušnosti, v nechuti zpochybňovat autority, v oddanosti principu, v úzkoprsosti, atd. Dalo by se říci, že nehoda byla způsobena špatnou organizací, nikoliv tím, že se jednalo o elektrárnu jadernou. Další úryvek ze zprávy vyšetřovací komise: „*Havárie jaderné elektrárny Fukušima byla důsledkem nepsané dohody mezi vládou, jaderným dozorem i provozovatelem a jejich nedostatečnou kontrolou. Jmenované zainteresované instituce upřeli obyvatelům právo na život v bezpečí před jadernou havárií. Dospěli jsme k jed-*

noznačnému závěru, že havárie byla způsobena člověkem. Jsme přesvědčeni, že základní příčina havárie je v nastavení organizačních a regulačních systémů, které podporují rozhodování na základě chybných předpokladů, nikoli v kompetencích konkrétních jednotlivců. “[29]

Dnes (rok 2014) je to tři roky od jedné z největších jaderných havárií a Japonsko stále čeká, kdo kvůli nehodě stane před soudem. Nyní to vypadá, že za druhou největší jadernou havárii neponese odpovědnost nikdo, žalobce totiž stáhl všechna obvinění.

Obětí je na tisíce a viník žádný. Mnoho aktivistů a lidí, kteří kvůli havárii museli opustit své domovy, se bouří a protestují. Až teď se lidé do oblasti začínají vracet. Až bude evakuační nařízení úplně zrušeno, budou se lidé moci rozhodnout, zda se vrátí nebo ne. V případě, že ano, budou dostávat odškodné za ztrátu zaměstnání a majetku. Lidé, kteří se rozhodnou nevrátit, budou navíc dostávat ještě příspěvek za emocionální stres, což dělá v přepočtu zhruba 20 000 korun měsíčně.

Příčina jaderné havárie v elektrárně Fukušima 2011 – pravděpodobně selhání lidského faktoru.

6 TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŘEŠENÍ JADERNÝCH HAVÁRIÍ

Pro případ jaderné havárie je nejen u nás, ale i ve všech zemích s jadernými elektrárnami, vypracován plán vyrozumění obyvatelstva. Právě informovanost veřejnosti je jedním z nejdůležitějších bodů. Konkrétně u nás je ve spolupráci s Ministerstvem vnitra, krajskými úřady a Hasičskými záchrannými sbory vypracován metodický plán pro informování veřejnosti po vzniku jaderné havárie. Cílem plánu je zajištění řádného a průběžného informování veřejnosti po vzniku mimořádné události a doporučení zásad jejího chování.

6.1 Informovanost obyvatelstva při průmyslových haváriích

Včasně varování a znalost ohrožených osob je bezpochyby základním pilířem v procesu jak obyvatelstvo před vzniklou průmyslovou havárií chránit. Zda lidé vědí, jak se při průmyslové havárii chovat, se odvíjí od informovanosti obyvatelstva.

Je tomu ještě pár let zpátky, kdy na základních školách byli děti seznamovány s případnou havárií v podobě úniku nebezpečné látky, požáru, atd. Učili se, kde se ukryt, kde je nejbližší úkryt, co si mají s sebou vzít, jak se chovat. Dětem se také měřila vzdálenost nosu od brady, a to z důvodů, aby v případě úniku nebezpečného plynu, mohli mít všichni plynovou masku potřebných rozměrů. Postupem času se od tohoto „školení“ po školách upustilo. Což je ovšem dle mého názoru špatně. Kdybychom udělali veřejný průzkum, možná bychom byli překvapeni znalostí či neznalostí občanů týkajících se připravenosti na průmyslovou havárii.[12]

S mírou informovanosti také souvisí území, ve kterém žijeme. Například Ústecko nebo Ostravsko nebo okolí našich JE Dukovany a Temelín jsou lokality s vyšším rizikem mimořádné události. Proto bychom měli právě v těchto lokalitách dbát na zvýšenou informovanost zde žijících lidí.[12]

Dle zákona o prevenci průmyslových havárií odpovídá za informovanost krajský úřad, který dle § 14 tohoto zákona musí zpracovat a poskytnout veřejnosti v zóně havarijního plánování informace o nebezpečí průmyslové havárie, mimo jiné taky informace o možném domino efektu, o preventivních bezpečnostních opatřeních, opatřeních na zmírnění dopadů a o tom, jaké je žádoucí chování obyvatel v případě vzniku havárie.[12]

Dokument, ve kterém jsou tyto informace zapsány, musí obsahovat:

- Kde se objekt nachází

- Kdo zpracovával tuto informaci
- Údaje o schválení bezpečnostní dokumentace v objektu, údaje o provedených kontrolách
- Seznam nebezpečných látek
- Popis výrobních činností
- Zdroje rizika, potenciální následky v zóně havarijního plánování
- Informace o způsobu varování obyvatelstva
- Informace o žádoucím chování občanů
- Vnější havarijní plán

Naskytuje se otázka, jak tyto informace předat. Jedním ze způsobů jsou informační letáky nebo brožurky, které obsahují stručné informace nutné znát v případě havárie. Ovšem mnoho lidí letáky bez přečtení a bezmyšlenkovitě vyhodí do koše spolu s reklamními letáky.[12]

Další způsob jak informovat občany je prostřednictvím tisku. Jedná se vlastně o ten samý způsob informování jako v předešlém případě, přesto i v tomto případě hrozí nebezpečí, že informace uveřejněné v tisku se nedostanou ke všem lidem.[12]

Další možností je informování prostřednictvím regionálního rozhlasu nebo regionální televize. Tento způsob informování má výhodu, že lze obyvatele informovat nejen v rámci prevence, ale i represe, což je informování v průběhu havárie.[12]

Ke zvýšení „osvěty“ a výchově obyvatelstva je také možnost pořádání besed s občany. Tyto besedy jsou však realizovány pouze zřídka, převážně jen v rámci mezinárodních projektů či grantů.[12]

V oblasti informování obyvatel je jeden z významných pomocníků pořádání dnů otevřených dveří v podnicích, ve kterých by mohlo dojít v průmyslové havárii. Pokud se v tyto dny pořádá navíc cvičení havarijní připravenosti, můžeme to brát jako jeden z nejvíce prospěšných možností, jak občany naučit připravenosti na havárii a žádoucího chování při ní.[12]

6.2 Jaderné havárie

Jaderná havárie je mimořádnou událostí třetího stupně v souladu s vyhláškou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č.318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu. Řešení mimořádné události třetího stupně vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, zapojení dalších dotčených orgánů.[31]

6.3 Odpovědné orgány

V případě jaderné havárie jsou koordinačními orgány celoplošně Ministerstvo vnitra a Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Dále krajské úřady a HZS na úrovni jednotlivých krajů.

V následujících podkapitolách je uveden výčet některých zodpovědných orgánů, které se podílejí na řešení jaderné havárie, a jejich základní kompetence spojené s jadernou havárií.

Držitel povolení k provozu jaderné elektrárny

Tento zodpovědný orgán má v kompetenci následující:[31]

- Řešení havárie (průběh, technologie, příčiny, situace v rozvodné síti)
- Předání informací stanoveným způsobem na orgány a organizace uvedené v legislativě
- Monitorování situace v jaderné elektrárně
- Opatření vůči zaměstnancům jaderné elektrárny – varování a informování
- Opětovné získání kontroly nad zdrojem ionizujícího záření
- Zajištění jaderné bezpečnosti
- Omezení úniku radioaktivních látek do životního prostředí

Vláda ČR

Vláda vydává rozhodnutí o realizaci a odvolání ochranných opatření, rozhodnutí o vyhlášení nebo ukončení nouzového stavu a svolává Ústřední krizový štáb.[31]

Státní úřad pro jadernou bezpečnost[31]

- Šetření příčin jaderné havárie

- Doporučení k realizaci případně odvolání ochranných opatření na postiženém území, které následně předává představitelům příslušných státních a samosprávných orgánů
- Monitorování radiační situace a její vyhodnocování
- Odhady dopadů na obyvatelstvo a na životní prostředí
- Prognóza dalšího vývoje
- Komunikace s partnerskými institucemi v zahraničí a zabezpečení mezinárodní výměny dat o situacích vzniklých při jaderné havárii

Hasičský záchranný sbor

Hasičský záchranný sbor ČR má za úkol:[31]

- Realizaci neodkladných ochranných opatření podle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, tzn. evakuaci, dekontaminace, zajištění nouzového přežití obyvatelstva a technická opatření.
- Informuje obyvatelstvo
- Aktivuje složky IZS
- Provádí ústřední koordinaci záchranných a likvidačních prací
- Komunikuje se zahraničím a krizovými orgány EU a NATO.

Policie ČR[31]

- Zajišťuje veřejný pořádek a vnitřní bezpečnost
- Vyšetřuje příčiny havárie a hledá viníka
- Reguluje pohyb osob v zasažených oblastech

Ministerstvo obrany[31]

- Podílí se na provádění záchranných a likvidačních pracích
- Spolupracuje s Policií ČR při regulaci pohybu osob a zajištění veřejného pořádku

Ministerstvo zdravotnictví[31]

- Zjišťují dopady na zdraví osob
- Opatření pro ochranu veřejného zdraví
- Poskytují speciální lékařskou péči ozářeným a kontaminovaným osobám

6.4 Cíle mediální komunikace při jaderné havárii

Po vzniku jaderné havárie je jeden z nejdůležitějších kroků informovat veřejnost o aktuální situaci, aktuálním vývoji, o způsobu řešení, o způsobu evakuace a o dopadech na obyvatelstvo. Zároveň je potřeba dbát na to, aby případnou neřízenou nebo nekoordinovanou komunikací nedocházelo k zveličování vzniklé situace a k vyvolání nemístné nežádoucí paniky.[31]

7 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ JADERNÉ ENERGETIKY V ČR

7.1 Současný stav

Budeme-li chtít současný stav jaderné energetiky v České republice shrnout, mohli bychom říci, že česká jaderná energetika je v současné době v dobré kondici, jak z pohledu samotných jaderných zařízení, tak z pohledu výzkumu, technologií a lidských zdrojů. Současná situace úzce souvisí se situací v minulosti. Konkrétně v období, kdy byla ČSSR řazena mezi země východního bloku a kdy probíhala mezi ČSSR a SSSR úzká spolupráce v energetické oblasti. Díky této spolupráci si naše republika zajistila pozici státu s jednou z nejdelších tradic jaderné energetiky v Evropě. [33]

První jaderná elektrárna v ČSSR byla spuštěna roku 1972 v Jaslovských Bohunicích. Na výstavbě této elektrárny se podílely průmyslové i lidské kapacity tehdejšího Československa, což byl právě aktivizační moment rozvoje československé jaderné infrastruktury. Díky této „tradici“ se dnes může Česká republika pyšnit svou vysokou úrovní.[33]

V České republice existuje v současné době několik samostatných jaderných zařízení. Patří mezi ně výzkumné reaktory v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži u Prahy a výukový reaktor Jaderné a fyzikálně-inženýrské fakulty ČVUT v Praze. Dvě největší jaderná zařízení u nás – JE Dukovany a JE Temelín – jsou obojí ve vlastnictví ČEZ.[33]

7.1.1 Jaderná elektrárna Temelín

Jaderná elektrárna Temelín se nachází nedaleko Týna nad Vltavou v Jihočeském kraji. Historie JE Temelín sahá až do roku 1980, kdy byl vydán investiční záměr na stavbu této elektrárny. Stavba začala roku 1986. Původně měly být postaveny čtyři reaktory, avšak během stavby došlo k přehodnocení investičního záměru a bylo vydáno rozhodnutí o dostavbě pouze dvou bloků elektrárny.[33]

Stavba Temelína byla odjakživa spojena s politickými problémy. Největší problém byl v přístupu Rakouska, jelikož tamní ústava zakazuje využívání energie z jaderných zdrojů. Velmi dlouhou dobu se rakouští aktivisté snažili o přerušení výstavby Temelína.[33]



Obrázek 18 Letecký pohled na JE Temelín [34]

7.1.2 Jaderná elektrárna Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany se nachází v kraji Vysočina, nedaleko Třebíče. Jde o naši nejstarší jadernou elektrárnu, o druhou nejstarší v bývalé ČSSR. Stavba JE Dukovany začala v roce 1978. První reaktor byl spuštěn v roce 1985, během dalších dvou let došlo ke spuštění dalších tří reaktorů.[33]



Obrázek 19 Letecký pohled na JE Dukovany [34]

Podle World association of nuclear operators patří jaderná elektrárna Dukovany mezi 20% nejlépe provozovaných elektráren na světě. Bezpečnosti jaderné elektrárny je dosahováno bezpečností projektu a úrovní kultury provozování elektrárny, k níž patří způsobilý personál, kvalitní dokumentace, využívání provozních zkušeností, technická kontrola, radiační kontrola, požární bezpečnost, atd.[33]

7.1.3 Úložiště odpadů

Je důležité si uvědomit, že vyhořelé jaderné palivo ještě nemusí být odpadem, obsahuje v sobě stále ještě alespoň 95% nespotřebovaného uranu, z toho asi 1% štěpitelného ^{235}U a 1% štěpitelného izotopu plutonia ^{239}Pu . Po dalších úpravách je toto palivo dále schopno posloužit jako stejně hodnotný zdroj.[33]

Vyhořelé jaderné palivo (VJP) nejprve putuje do jímky naplněné chemicky ošetřenou vodou, která je vybudována hned vedle každého reaktoru. Následně dojde k jeho zchlazení, přičemž se zbaví přebytečného zbytkového tepla. Dále je vyhořelé jaderné palivo uloženo do bezpečnostních kontejnerů a převezeno do skladů VJP, které fungují u obou našich jaderných elektráren a jsou majetkem společnosti ČEZ. Na vše je dohlíženo Státním úřadem pro jadernou bezpečnost.[33]

„Koncepte nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem“ počítá z dlouhodobého hlediska s výstavbou hlubinného úložiště jaderného odpadu, kde by mohl být odpad z elektráren uložen po dobu několika desítek let, které jsou nutné pro dosažení jeho bezpečných vlastností. Veškerou činnost spojenou s úložištěm má na starosti Správa úložišť radioaktivních odpadů. Náklady na stavbu hlubinného úložiště budou kryty z prostředků tzv. jaderného účtu, kam přispívají původci radioaktivního odpadu. Zahájení provozu hlubinného úložiště je plánováno na rok 2065.[33]

7.2 Budoucí vývoj

Rozvoj jaderné energetiky v ČR s ohledem na aspekty strategické, energeticko-bezpečnostní, ekonomické i ekologické smysl určitě má. V budoucnu by jaderná energetika měla být díky svým přednostem primárním zdrojem. S takovým budoucím vývojem počítá i několik dokumentů vypracovaných legislativními orgány i nezávislými komisemi.[33]

Ministerstvo průmyslu a obchodu vydalo energetickou koncepci, ve které se píše, že „*jaderná energie by dlouhodobě mohla přesáhnout 50% podíl na výrobě elektřiny a nahradit*

tak významnou část uhelných zdrojů“. Podle této koncepce je nutné také připravit další lokality pro budoucí jaderné elektrárny.[34]

Dalším dokumentem, který vyjadřuje podporu jaderné energetiky je z roku 2007 „Zpráva Nezávislé odborné komise pro posouzení potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu“. Tato zpráva byla vypracována nezávislou odbornou komisí ustanovenou vládou ČR. Komise podrobně analyzovala tehdejší situaci a priority České energetiky a doporučila vládě ČR kroky, které by měla podnikat pro udržitelný rozvoj naší energetiky v budoucnu.[33]

Posledním dokumentem je Programové prohlášení současné vlády vzniklé v roce 2010, ve kterém vláda zavazuje k podpoře ekologicky čisté energie, tedy podpoře jaderné energetiky a obnovitelných zdrojů, které mohou významně přispět k posílení energetické bezpečnosti ČR. Za rozvoj obou našich jaderných elektráren zodpovídá společnost ČEZ. Společnost počítá s budoucím rozvojem jaderných kapacit v krátkodobém i dlouhodobém horizontu.[33]

Samotná budoucnost jaderných elektráren je u nás vytvořena záměry dostavby dvou bloků elektrárny Temelín, od kterých bylo v devadesátých letech upuštěno a výstavba pátého bloku jaderné elektrárny Dukovany. Po roce 2040 se uvažuje o nových lokalitách, kde budou následně vybudovány úplně nové jaderné elektrárny. Lokality pro výstavbu jaderných elektráren musí splňovat požadavky z hlediska demografie, geologie, hydrologie, seismiky, silničního a železničního napojení, vhodnosti elektrické sítě, atd.[33]

7.3 Stanoviska veřejného zájmu

Budování jaderného sektoru je velmi finančně, technologicky i časově náročné. Proto je pro jeho smysluplný a harmonický rozvoj nutné splnit několik podmínek týkajících se především požadavků na dlouhodobou stabilitu vládní politiky, názorů stoupců a odpůrců jaderné energetiky a v neposlední řadě na mínění veřejnosti.[34]

Společnost ČEZ je vlastněna českým státem. Proto má stát jako majoritní akcionář určité právo podílet se na rozhodování společnosti v oblasti jaderné energetiky a s ní souvisejících projektů.[33]

Stabilita politického prostředí je v našem státě garantována existujícími koncepcemi. Tyto koncepce jsou většinou s každou novou vládou aktualizovány. Pro nynější vládu je jaderná energetika prioritou, ovšem přitom oznámila, že státní záruky za tuto elektřinu nedá. Podle

generálního ředitele firmy ČEZ Daniela Beneše by Česku po roce 2030 mohl hrozit deficit výroby elektřiny, i přesto, že teď je energie přebytek.[35]

Na nedostatku elektřiny se podle Beneše bude podílet pokles těžby lignitu a dožití existujících hnědouhelných a černouhelných zdrojů. K tomu všemu spotřeba roste v průměru o 0,8% ročně. Nedostatek elektřiny by mohlo negativně ovlivnit i odstavení Jaderné elektrárny Dukovany, jejíž odstavení je stále v otaznících, ale hovoří se o roce 2025.[35]



Obrázek 20 Jaderná elektrárna Dukovany [36]

Podle české energetické koncepce by se přitom měla okolo roku 2040 vyrábět až polovina elektřiny v jaderných reaktorech, které nahradí uhlí. ČEZ se proto snaží o dostavení dvou reaktorů v Temelíně a usiluje i o prodloužení provozu v Dukovanech, kde za dva roky skončí licence. Podle společnosti ČEZ by však Jaderná elektrárna v Dukovanech mohla vyrábět elektřinu až do roku 2035.[35]

V dubnu tohoto roku vláda řekla, že prioritou je pro ni rozvoj jaderné energetiky. Ovšem problém jsou finance. ČEZ totiž bez finanční podpory státu zbývající bloky JE Temelín nebude moct postavit. Premiér Sobotka však oznámil, že „*státní záruka za dostavbu Temelína by znamenala neměřitelné riziko pro státní rozpočet i daňové poplatníky*“. [35]

Zda se bude JE Temelín dostavovat, zatím není vůbec jisté. Soutěže o dostavbu dvou bloků se účastní firmy Westinghouse a Areva. Konkrétně firmu Areva ČEZ ze soutěže vyřadil a

firma Areva se proti rozhodnutí brání u Evropské unie. Ministr průmyslu Mládek v březnu uvedl, že nejpravděpodobnější tendr dostavby JE Temelín je jeho zrušení.[35]

Podle rakouského tisku z února tohoto roku Rakousko nesouhlasí s plánem prodloužit životnost JE Dukovany na dalších 60 let. Podle Rakouska mají Dukovany slabá místa, která nemůže modernizace vyřešit. Státní úřad pro jadernou bezpečnost ale argumentuje tím, že prodloužení životnosti Dukovan nic po technické stránce nebrání.[36]

Podle Rakušanů Česko nedostatečně vyhodnotilo možnosti obnovitelných zdrojů, které by mohly nahradit uhlí. U našich zbývajících sousedů, tedy Slovenska, Polska a Německa, žádný problém s prodloužením životnosti JE Dukovany není. Například Slovensko má v plánu dokonce s Českou republikou do budoucna diskutovat o nakládání s vyhořelým palivem.[36]

7.4 Shrnutí

Je zřejmé, že česká politika jadernou energetiku podporuje. Zajímavostí je, že ve vládě není žádná strana, která by ve svém programu měla protiatomovou politiku. To je velice dobrá zpráva pro rozvoj jaderné energetiky u nás z hlediska politické podpory. [33]

Situace z hlediska dlouhodobých koncepcí však není zcela příznivá, a to právě z důvodů aktualizace energetických koncepcí při každé nové vládě. To představuje problém pro společnost ČEZ, největšího investora. V nestabilní situaci totiž nedokáže pružně reagovat.[33]

Co se týče veřejnosti u nás, je i ta příznivě nakloněna dalšímu rozvoji jaderné energetiky. Rovněž podmínky pro bezpečný rozvoj jsou u nás splněny a jedno z největších investičních rizik v případě budování jaderné elektrárny, tedy nestabilita, v České republice odpadá.[33]

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat manuál pro bezpečnostní manažery řešící technologický postup při možném vzniku průmyslových havárií s důrazem na havárie jaderné.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část vytvořila výchozí základ pro část praktickou. V první kapitole jsou uvedeny základní pojmy týkající se průmyslových havárií a analýza jejich nejčastějších příčin. Součástí první kapitoly je také přehled legislativy, která se týká mimořádných událostí a krizových stavů. Další kapitola se zabývala analýzou bezpečnostních rizik a havarijním plánováním. Ve třetí a zároveň poslední kapitole teoretické části jsou uvedeny základní pojmy z oblasti jaderné fyziky, popsány principy výroby jaderné energie a pro srovnání přehled alternativních metod výroby elektrické energie.

Praktická část je tvořena čtyřmi kapitolami. V první kapitole byly popsány bezpečnostní rizika jaderných elektráren, činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, nakládání s jaderným odpadem a nastíněna problematika jaderného terorismu. Další kapitola se zabývala analýzou největších jaderných havárií. Následující kapitola se zabývala technologickým postupem při řešení jaderných havárií s důrazem na důležitost informovanosti občanů při jakékoliv mimořádné události. V poslední kapitole je zanalyzován současný stav našich jaderných elektráren a nastíněn budoucí vývoj jaderné energetiky.

Jaderné elektrárny se dennodenně setkávají s negativními ohlasy jejich odpůrců. Musíme si ale uvědomit, že alternativní způsoby výroby elektřiny (vodní, větrné aj. elektrárny) mají v České republice pouze okrajový význam a nadále není možné je zvyšovat. Dodávky z těchto zdrojů podléhají značným výkyvům, protože jsou závislé na počasí. Z podstaty věci není možné elektrickou energii skladovat a proto je potřeba mít stabilní zdroj dodávky. Mimo to jsou podle studií jaderné elektrárny jedny z nejšetrnějších k životnímu prostředí. Myslím si, že bychom měli zapomenout na minulost a předsudky a dát jaderným elektrárnám „zelenou“.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-889-4
- [2] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti II*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-631-9
- [3] LAUCKÝ, Vladimír. *Speciální bezpečnostní technologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-762-0
- [4] LAUCKÝ, Vladimír. *Řízení technologických procesů v průmyslu komerční bezpečnosti*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006
- [5] Kolektiv autorů. *Terorismus a my*. Praha: Computer press, 2001. ISBN 80-7226-584-9
- [6] PORADA, V. a kolektiv. *Policejní vědy*. Plzeň: Aleš Čeněk s.r.o., 2011. ISBN 978-80-7380-314-8
- [7] *Předpis č. 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)*. Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [8] *Předpis č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*. Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- [9] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I*. Frýdek - Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007. ISBN 978-80-7385-005-0
- [10] BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II*. Frýdek - Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-86634-30-2
- [11] LUKÁŠ, Luděk a kol. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7
- [12] VAŠÍČKOVÁ, Lucie. *Průmyslové havárie v objektech střežených podniky komerční bezpečnosti*. Zlín, 2012. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně
- [13] ORÁLKOVÁ, Jitka. *Pozitiva výroby jaderné energie*. Zlín, 2009. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně

- [14] *Jaderná bezpečnost* [online]. 2014 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.jaderna-bezpecnost.cz>
- [15] *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/uvod/dozor-nad-jadernou-bezpecnosti/>
- [16] *Jaderný reaktor: www.cez.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k35.htm>
- [17] Wikipedie: *Jaderný reaktor* [online]. 2014 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%BD_reaktor
- [18] *Atomový zákon*. 2012, 56 s. [cit. 2014-04-20] Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_20120103.pdf
- [19] *Jaslovské Bohunice 1977*. Radioaktivita.cz [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://radioaktivita.cz.sweb.cz/bohunice.htm>
- [20] *Energie vody* [online]. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: http://ok1zed.sweb.cz/s/el_vodniel.htm
- [21] *Větrné elektrárny v ČR zažívají boom. Kolik energie vyrobí?*. Nazeleno.cz [online]. 2009 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/vetrne-elektrarny-v-cr-zazivaji-boom-kolik-energie-vyrobi.aspx>
- [22] *Three Mile Island 1979, největší jaderná havárie na západě*. Radioaktivita.cz [online]. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://radioaktivita.cz.sweb.cz/mileisland.htm>
- [23] *Anniversary of Three Mile Island*. Indibay.org [online]. 2012 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.indybay.org/newsitems/2012/03/20/18709742.php>
- [24] *Havárie jaderné elektrárny Černobyl* [online]. 2006 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.cernobyl.cz/>
- [25] *Havárie v jaderné elektrárně Černobyl* [online]. 2013 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://chernobyl.euweb.cz/>
- [26] *Černobyl. Fukušima*. [online]. 2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://chernobyl-fukusima.webnode.cz/>
- [27] *Havárie elektrárny Fukušima*. Wikipedie.cz [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné

- z:http://cs.wikipedia.org/wiki/Hav%C3%A1rie_elektr%C3%A1rny_Fuku%C5%A1ima_I
- [28] *Fukušima není Černobyl, upozorňuje v Praze hostující japonský jaderný fyzik.* idnes.cz [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/fukusima-neni-cernobyl-upozornuje-v-praze-hostujici-japonsky-jaderny-fyzik-1s8-/zpr_archiv.aspx?c=A110316_000308_kavarna_chu
- [29] *Fukušima: Za jadernou havárii mohou lidé, rozhodla vyšetřovací komise.* Ekolist.cz [online]. 2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/fukusima-za-jadernou-havarii-mohou-lide-rozhodla-vysetrovaci-komise>
- [30] *Výbuch na japonské elektrárně Fukušima – aktuální zprávy.* Atominfo.cz [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z:<http://atominfo.cz/2011/03/vybuch-na-japonske-elektrarne-fukusima-aktualni-zpravy/>
- [31] *Zpráva o postupu řešení úkolu o informování veřejnosti po vzniku radiacní havárie.* 2011. Dostupné z: www.hzscr.cz
- [32] *Nukleární katastrofy v Rusku.* Umlafoviny.com [online]. 2008 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z:http://www.umlafviny.com/www/res_publica/archiv/materialy/rusko/cernobyl.html
- [33] MÁLEK, Jan. *Budoucnost jaderné energetiky v ČR.* Znojmo, 2013. Středoškolská odborná činnost. Gymnázium Znojmo
- [34] *Jaderná energetika v ČR. Bezpečný Temelín* [online]. 2012 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.bezpecnytemelin.cz/cz/jaderna-energetika/180/jaderna-energetika-v-cr>
- [35] *Vláda sází na jadernou energetiku, záruky ovšem nedá.* Česká televize [online]. 2014 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/269165-vlada-sazi-na-jadernou-energetiku-zaruky-ovsem-neda/>
- [36] *Rakousko nechce, aby se Dukovanům prodloužila životnost.* Česká televize [online]. 2014 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/261074-rakousko-nechce-aby-se-dukovanum-prodlouzila-zivotnost/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

JE	Jaderná elektrárna
RAO	Radioaktivní odpad
VJP	Vyhořelé jaderné palivo
INES	Mezinárodní stupnice jaderných událostí
IZS	Integrovaný záchranný systém
HZS	Hasičský záchranný sbor
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivního odpadu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Základní a ostatní složky IZS [12]</i>	24
<i>Obrázek 2 Rutherfordův planetární model atomu</i>	33
<i>Obrázek 3 Princip výroby jaderné energie v jaderných elektrárnách[13]</i>	35
<i>Obrázek 4 Řez jaderným reaktorem VVER-1000 (Temelín) [17].....</i>	36
<i>Obrázek 5 Parametry jaderných reaktorů[16]</i>	37
<i>Obrázek 6 Schéma vodní elektrárny [20]</i>	41
<i>Obrázek 7 Větrná elektrárna [21]</i>	42
<i>Obrázek 8 Jaderný komplex Majak [32]</i>	52
<i>Obrázek 9 Radioaktivitou postižený obyvatel Ozjorska [32]</i>	53
<i>Obrázek 10 Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice[19].....</i>	55
<i>Obrázek 11 Pohled na jadernou elektrárnu Three Mile Island [23].....</i>	57
<i>Obrázek 12 Pohled na JE v Černobylu [25].....</i>	59
<i>Obrázek 13 Pár dní po havárii [25]</i>	59
<i>Obrázek 14 Dítě narozené ozářeným rodičům [24]</i>	60
<i>Obrázek 15 Letecký pohled na jadernou elektrárnu Fukušima [28].....</i>	61
<i>Obrázek 16 Letecký pohled na reaktory [27]</i>	62
<i>Obrázek 17 Výbuch v jaderné elektrárně Fukušima [30].....</i>	63
<i>Obrázek 18 Letecký pohled na JE Temelín [34].....</i>	71
<i>Obrázek 19 Letecký pohled na JE Dukovany [34]</i>	71
<i>Obrázek 20 Jaderná elektrárna Dukovany [36].....</i>	74

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí.....</i>	<i>43</i>
--	-----------