



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jaderné havárie a následná opatření ochrany obyvatelstva

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program

OCHRANA OBYVATELSTVA

Autor: Daniel Sviták

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Karda

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci s názvem **Jaderné havárie a následná opatření ochrany obyvatelstva** jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

podpis

Poděkování

Rád bych zde vyjádřil vřelé poděkování panu Ing. Ladislavu Kardovi za vedení mé bakalářské práce. Za odborné vedení, věcné podněty a cenné rady, které mi poskytoval při zpracování této práce.

Jaderné havárie a následná opatření ochrany obyvatelstva

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá ochranou obyvatelstva a následnými opatřeními při radiální mimořádné události. Při porovnání dvou největších jaderných havárií (Černobyl a Fukušima) byla zjištěna velká podobnost nejen v zavádění ochranných opatření, ale i v chybách, kterých se odpovědné orgány dopustily. Na základě porovnání těchto událostí jsme mohli odpovědět na otázku, jak se lišil přístup k ochraně obyvatelstva v bipolárním rozdělení světa z pohledu „východního“, který je zastoupen bývalým SSSR a pohledem „západního“ reprezentovaným Japonskem. Výslednou analýzou bylo potvrzeno, že jak v případě SSSR, tak Japonska se tento přístup lišil pouze ve zdroji pravděpodobného rizika, kterému byla kladena pozornost větší než ostatním rizikům.

V případě porovnání opatření ochrany obyvatelstva ČR, která jsou uvedena v havarijních plánech, s opatřeními, která jsou zaváděna ve světě v případě RMU jsme došli k závěru, že opatření ČR jsou na stejné úrovni a dají se považovat za světový standard. Pro podpoření výsledných tvrzení byla opatření zaváděná při RMU ve Fukušimě porovnána s opatřeními během havarijního cvičení Zóna 2015 na JE Temelín.

Nedílnou součástí je zhodnocení úrovně informovanosti obyvatelstva ČR v oblasti ochrany obyvatelstva. Analýzou výsledků doplňkového dotazníkového šetření bylo potvrzeno tvrzení o nízké úrovni informovanosti obyvatel š proto se práce zaměřila i na nutnost zvyšování informovanosti obyvatelstva v oblasti ochrany obyvatelstva a jsou navržena opatření, pomocí kterých by byla úroveň informovanosti zvýšena na požadovanou úroveň.

Klíčová slova

radiální mimořádná událost; jaderná havárie; radiace; ochrana obyvatelstva; radioaktivita; ionizující záření

Nuclear accidents and subsequent measures to protect the population

Abstract

This bachelor thesis deals with the protection of the population and subsequent measures in the event of a radiation emergency. When comparing the two largest nuclear accidents (Chernobyl and Fukushima), a great similarity was found not only in the implementation of safeguard measures, but also in the errors made by the responsible authorities. By comparing these events, we could answer the question of how the approach to protecting the population differed in the bipolar division of the world from the perspective of the "Eastern", which is represented by the former USSR and the view of the "Western" represented by Japan. With the resulting analysis, we confirmed that in both the USSR and Japan, this approach differed only in the source of the likely risk, which was given greater attention than the other risks.

In case of comparison of the measures of protection of the population of the Czech Republic, which are mentioned in the emergency plans, with those introduced in the world in the case of The RMU, we concluded that the measures of the Czech Republic are on the same level and can be considered as a world standard. To support the resulting claims, the measures introduced at the Fukushima RMU are compared with those during the 2015 Zone Temelín emergency exercise.

An integral part is the evaluation of the level of information of the Czech population in the field of protection of the population. An analysis of the results of the supplementary questionnaire survey confirmed the claim of low level of information of the inhabitants of the Czech Republic. Therefore, the work will also focus on the need to raise public awareness in the field of population protection and propose measures to raise the level of information to the required level.

Key words

Event of a radiation emergency; Nuclear accident; radiation; civil protection; population; radioactivity; ionizing

Obsah

Obsah	5
Úvod.....	8
1 Teoretická část.....	10
1.1 Objevování radioaktivity.....	10
1.1.1 Atom.....	10
1.1.2 Vlastnosti radioaktivity	11
1.2 Jaderné elektrárny	13
1.2.1 Historie jaderné energetiky	13
1.2.2 Princip fungování jaderné elektrárny (JE Temelín – VVER 1000)	14
1.2.3 Bezpečnostní prvky jaderné elektrárny (JE Temelín).....	14
1.2.4 Zóna havarijního plánování JE Temelín	17
1.2.5 Vnitřní havarijní plán JE Temelín.....	17
1.2.6 Vnější havarijní plán JE Temelín.....	18
1.2.7 Hasičský záchranný sbor podniku JE Temelín	18
1.3 Radiační havárie – klasifikace	19
1.3.1 Stupně radiačních nehod v ČR.....	19
1.3.2 Mezinárodní stupnice INES	19
1.4 Radiační havárie – výběr.....	21
1.4.1 Jaslovské Bohunice (ČSSR).....	21
1.4.2 Three Mile Island (USA)	22
1.4.3 Černobyl (SSSR).....	22
1.4.4 Fukušima – Daiči (JAP).....	23
1.5 Státní orgány činné při RMU	24
1.5.1 Ministerstvo vnitra	24
1.5.2 Ministerstvo obrany	24
1.5.3 Státní úřad pro jadernou bezpečnost	25
1.6 Integrovaný záchranný systém ČR.....	25
1.6.1 Hasičský záchranný sbor ČR.....	25
1.6.2 Policie ČR	26
1.6.3 Zdravotnická záchranná služba	26
1.6.4 Armáda ČR.....	26
1.7 Ochrana obyvatelstva při RMU	27
1.7.1 Varování obyvatelstva při RMU	27
1.7.2 Jódová profylaxe	27
1.7.3 Ukrytí obyvatelstva při RMU.....	28
1.7.4 Evakuace obyvatelstva při RMU.....	28

1.7.5	Nouzové přežití obyvatelstva při RMU	30
2	Cíle práce a výzkumné otázky	32
2.1	Cíle práce	32
2.2	Výzkumné otázky	32
3	Operacionalizace pojmů	33
3.1	Včasně varování obyvatelstva	33
3.2	Účinnost varování	33
3.3	Výzva k ukrytí obyvatelstva	33
3.4	Dostupnost jodové profylaxe	33
3.5	Včasné podání jodové profylaxe	34
3.6	Včasná evakuace	34
3.7	Nouzové přežití obyvatelstva	34
4	Metodika	35
5	Výsledky	38
5.1	Komparace vybraných států	38
5.1.1	Politické aspekty	39
5.1.2	Technologické aspekty jaderných elektráren	39
5.1.3	Ochrana obyvatelstva	40
5.1.4	Sumarizace aspektů	41
5.2	Opatření ochrany obyvatelstva během černobylské havárie	42
5.2.1	Sled událostí vedoucích k havárii	42
5.2.2	První reakce záchranných sborů	43
5.2.3	Varování a evakuace obyvatel města Pripjat'	43
5.3	Opatření ochrany obyvatelstva během fukušimské havárie	45
5.3.1	Sled událostí vedoucích k havárii	45
5.3.2	Průběh likvidace havárie	47
5.3.3	Varování a evakuace obyvatel z ohrožené oblasti	48
5.4	Komparace ochrany obyvatelstva u vybraných případů	49
5.5	Vývoj ochrany obyvatelstva při RMU v ČR	51
5.5.1	Současný stav ochrany obyvatelstva v ČR	52
5.5.2	Shrnutí výsledků dotazníkového šetření	56
5.6	Havarijní cvičení ZÓNA	57
5.6.1	Cvičení ZÓNA 2015 v komparaci s RMU na JE Fukušima – Daiči	57
5.6.2	První reakce při RMU	59
5.7	Shrnutí výsledků	60
5.8	Návrhy na opatření	61
6	Diskuse	62

Závěr	66
Seznam použitých zkratek	69
Seznam použitých zdrojů.....	71
Přílohy.....	77
Příloha A: Dotazníkové šetření.....	77
Seznam obrázků.....	79
Seznam tabulek	80

Úvod

Budeme-li chtít hovořit o radiačních nehodách, či radiačních haváriích [dříve označovaných dle původně platného zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, jako jaderné nehody a havárie] a následných opatřeních ochrany obyvatelstva, musíme nejdříve správně definovat pojem radiační havárie. Radiační havárie nastává v momentě, kdy radioaktivní látky – radionuklidy, nepřírodního původu, způsobí kontaminaci životního prostředí a doprovodné záření ohrozí obyvatele nacházející se v inkriminované oblasti. Nastane-li takováto situace, je zapotřebí v co možná nejkratším čase zavést ochranná opatření, která zabrání dalšímu rozšíření kontaminantů a omezí ozáření osob. Z toho důvodu je nezbytné, aby stát disponoval propracovanou legislativou zabývající se ochranou obyvatelstva.

Pro následující text budou nejpodstatnější radiační havárie spojené s jadernou energetikou, jelikož se v současnosti jedná o fenomén, který je často interpretován velmi negativně z důvodů možných rizik, která jsou s tímto oborem a samotným provozem jaderných elektráren spojena.

Svět se do roku 2020 potýkal s mnoha radiačními nehodami, avšak dvě nejzávažnější radiační havárie způsobily revoluci v chápání ochrany obyvatelstva a na jejich základě byl zaveden a zdokonalen systém organizačních a operativních složek, které svou činností minimalizují následky havárií. Fenomény s názvem Černobyl a Fukušima dodnes ukazují, jak nebezpečná může být jaderná technologie, pokud dojde k jejímu podcenění, či není zajištěno periodické vzdělávání provozního personálu z hlediska ochrany a bezpečnosti. Současně musíme zmínit fakt, že každá z těchto havárií byla přínosem pro bezpečnostní a záchranné složky, které na základě jejich analýz mohly vyvinout účinnější taktiky a postupy při zvládnutí radiačních nehod a havárií.

Práce si klade za cíl seznámit čtenáře s vývojem postupů ochrany obyvatelstva při radiačních haváriích a porovnat je s postupy zavedenými na území České republiky, zejména na jaderné elektrárně Temelín.

Budou vysvětleny základní pojmy týkající se radioaktivity ionizujícího záření. Práce představí způsob fungování jaderné elektrárny.¹ Součástí práce bude výběr jaderných elektráren, na kterých došlo k radiačním nehodám a haváriím, které vedly k aktivování činností vedoucích k ochraně obyvatelstva a byly vhodné k dalšímu srovnávání.

V závěru kapitoly teoretická část bude uveden výčet státních orgánů, záchranných a bezpečnostních složek integrovaného záchranného systému České republiky, které se na likvidování nehodových a havarijních událostí podílejí včetně uvedení jejich činností a opatření.

Pomocí komparační metody a analýzou literárních zdrojů se v kapitole výsledky seznámíme a porovnáme dvě největší jaderné havárie. Získané údaje budou aplikovány na opatření ochrany obyvatelstva v České republice, které jsou zahrnuty v havarijních plánech a pomocí porovnání jaderné havárie se scénářem havarijního cvičení Zóna 2015 získáme představu o jejich účinnosti. Bude také zhodnocena znalost obyvatel České republiky v oblasti ochrany obyvatel při krizové situaci, jakou je radiační havárie. K tomuto hodnocení bude využit internetový dotazník s uzavřenými otázkami.

¹ V našem případě budou všechny poznatky o fungování elektrárny čerpány z provozních zkušeností JE Temelín.

1 Teoretická část

1.1 Objevování radioaktivity

S jevem přirozené radioaktivity přišel jako první francouzský fyzik Antoine Henri Becquerel (1852-1908). Během studia zabývajících se fluorescencí uranových solí zpozoroval Becquerel chemické změny na fotografické desce, která se solemi uranu přišla do styku při absenci světla. Na základě tohoto pozorování usoudil, že určité prvky mohou vyzařovat neviditelné záření, jiné než světelné povahy, které dokáže ovlivnit citlivější materiály. Tento objev zveřejnil 2. března 1896 a položil tím základy novému vědnímu oboru. (Bureš; 2002)

Na práci Henriho Becquerela navázala ve stejném roce ve své disertační práci Marie Curie – Sklodowska. Po několika měsících výzkumu Becquerelovy závěry potvrdila a prokázala tento jev u dalších chemických prvků. Jako první tento jev nazvala radioaktivitou. Společně pak se svým mužem Pierrem Curie objevili a pojmenovali nové prvky s vlastnostmi, které uváděla ve své práci. Roku 1900 objevila, při dělení uranové rudy, prvek Polonium, který pojmenovala po Polsku, zemi, kde se narodila. Dalším zkoumáním narazila na daleko aktivnější prvek, který pojmenovala Radium. Curie izolovala rádiu z jáchymovského smolince (oxid urančitý UO_2). Objev těchto prvků dal vzniknout teorii o radioaktivitě, jako průvodním jevu rozpadu atomových jader. Roku 1903 získala Marie Curie s Pierrem Curie a Henri Becquerelem Nobelovu cenu za fyziku. Po smrti svého muže roku 1906 se začala věnovat studiu, kdy chtěla radioaktivitu a ionizující záření s ní spojené využívat k medicínským účelům, zejména pro léčbu rakoviny. Marie Curie zemřela roku 1934 na leukémii, která byla pravděpodobně způsobena ionizujícím zářením pocházejícím z materiálů, se kterými celý život pracovala. Na práci své matky navázala její dcera Irene Joliot-Curie se svým mužem Fredericem Joliotem, kteří objasnili způsoby pro vyvolání umělé radioaktivity. (britannica.com; 2020)

1.1.1 Atom

Jádro atomu, které je tvořeno protony (p) a neutrony (n), tedy částicemi s kladným a nulovým elektrickým nábojem o hmotnostech $p = 1,6724 \cdot 10^{-27}$ kg a $n = 1,6747 \cdot 10^{-27}$ kg je obklopeno obalem, který je tvořen pouze z částic s negativním elektrickým nábojem – elektrony (e^-) s hmotností $e^- = 9 \cdot 10^{-31}$ kg. Z tohoto vyplývá, že obal atomu je několikrát lehčí než jeho samotné jádro.

Silné vazebné energie, které vznikají mezi jádrem a obalem atomu zabraňují rozpadu atomu na jednotlivé prvočleny, tudíž k jejich „přerušeni“ je zapotřebí dodání vnější energie, která se často ukrývá právě v nabitě či nenabitě částici protonu, neutronu, či elektronu. K bezpečnému procesu štěpení je zapotřebí specifické prostředí, které poskytuje tlaková nádoba reaktoru. (study.com; 2017)

1.1.2 Vlastnosti radioaktivity

Samotným pojmem radioaktivita se rozumí: „Schopnost přirozené přeměny některých atomových jader nestabilních prvků na jádra jiných stabilnějších prvků za současného vyzáření charakteristického záření.“ (Koláček; 2016)

Důležitým poznatkem v oblasti radioaktivity bylo definování základních druhů záření, které radioaktivitu doprovází, dle charakteristických znaků. Záření na základě těchto charakteristik rozdělujeme do 4 skupin:

- záření alfa – α – jedná se o proud jader hélia (${}^4_2\text{He}^{2+}$), záření je nositelem kladného elektrického náboje,
- záření beta – β – jedná se o proud záporně nabitých elektrických částic (elektronů e^-),
- záření gama – γ – jedná se o elektromagnetické záření o vysoké frekvenci, toto záření je tvořeno fotony, které nenesou žádný elektrický náboj,
- Neutronové záření – n – jedná se o proud neutronů. Nenesou žádný elektrický náboj. (Koláček; 2016)

Každý rozpad jádra je doprovázen jedním, nebo kombinací těchto záření. Pokud uvolněné záření nese jakýkoliv elektrický náboj, hovoříme o přímo-ionizujícím záření. Pokud záření žádný náboj nenesou, jedná se o záření nepřímio-ionizující.

Z výše zmiňovaných faktů vyplývá, že radioaktivní prvky se vyskytují po celém světě a všude kolem nás. Jedná se o takzvanou přírodní, či přirozenou radioaktivitu, která není pro člověka příliš nebezpečná. Nebezpečnou se radioaktivita stává v momentě, kdy dochází ke kumulování a koncentrování radioaktivních materiálů, fyzikální aktivaci jader prvků, či výrobě umělých prvků. Tyto prvky mají nižší poločasy rozpadů a jsou schopny emitovat velké množství energie ve svém záření. (cez.cz; 2020)

K základní charakterizaci radioaktivního zdroje záření se používá veličina **Aktivita** (Intenzita záření). Aktivita popisuje množství radioaktivních přeměn za jednotku času v materiálech.

Základní vztah pro výpočet Aktivity [1]: $A = dN / dt$ [Bq] [1]

Definice: Počet rozpadů atomového jádra za jednu sekundu. Jednotkou je Becquerel, což je odvozená jednotka od soustavy SI odpovídající 1 s^{-1} .

Pro praxi jsou podstatnější odvozené jednotky od Aktivity, kterými jsou:

- Plošná aktivita – radionuklidy rozprostřeny na ploše [Bq/cm²]
- Objemová aktivita – radionuklidy obsaženy v objemu kapaliny/vzdušnin [Bq/cm³] (Koláček; 2016)

Další z veličin, které patří neodmyslitelně k záření je **Dávka** (absorbovaná dávka). Dávka popisuje množství energie absorbované v hmotnosti tělesa.

Základní vztah pro výpočet Dávky [2]: $D = d\varepsilon / dm$ [Gy] [2]

Definice: Energie ionizujícího záření absorbovaná na hmotnost tělesa v určitém místě. Jednotkou je Gray, který v soustavě SI odpovídá J.kg^{-1} . (Koláček; 2016)

Dávka, která je předána v časovém úseku, nejčastěji za jednu hodinu, se pak nazývá **Dávkovým příkonem**. (Koláček; 2016)

Míra biologických účinků působících na organismus je v přímé závislosti na typu záření. Především na schopnosti záření pronikat tkání a jeho energii, kterou předává zasažené tkáni.

- **α -záření** – v tkáni dokáže uletět řádově desítky nanometrů. K odstínění α záření dostačuje pouhý list papíru, (Cohen-Unger; 2016)
- **β -záření** – účinky záření β jsou zcela závislé na energii samotného záření. Ve tkáni dokáže β záření doletět 8 – 10 milimetrů, (Cohen-Unger; 2016)
- **γ -záření** – jedná se o těžko odstínitelné záření, jelikož jeho průchodnost materiály je vysoká, (Cohen-Unger; 2016)
- **neutronové záření** – biologické účinky závislé na energii záření. Velmi snadno pronikají tkáni. Odstiňuje se materiály bohatými na vodíková jádra, která neutrony zpomalují do nižších energetických pásem. (Cohen-Unger; 2016)

Poškození, které způsobuje ionizující záření dělíme na dva základní typy:

- **Tkáňové reakce** čili účinky prahové nastávají od překročení prahové dávky, která má u různých druhů tkáně různou hodnotu. Deterministické účinky lze lékařsky diagnostikovat. (suro.cz; 2020)
- **Pozdně stochastické účinky**, zjednodušeně stochastické účinky jsou účinky, které nevznikají bezprostředně po obdržení dávky a na rozdíl od deterministických účinků nejsou lékařsky diagnostikovatelné. Mezi stochastické účinky mohou náležet především nádorová a rakovinotvorná onemocnění. (suro.cz; 2020)

1.2 Jaderné elektrárny

1.2.1 Historie jaderné energetiky

Základní kámen pro výzkum výroby elektrické energie ze štěpné reakce položilo vojenské využití jádra. Roku 1938 se vědcům Fritzu Strassmanovi a Ottu Hahnovi podařilo experimentální rozštěpení jádra. Na jejich poznatky navázal roku 1942 italský fyzik Enrico Fermi, který na Chicagské univerzitě demonstroval první řízenou štěpnou reakci. Eskalací vojenského výzkumu bylo sestrojení atomové bomby, která byla roku 1945 testována u Nového Mexika. (Warner; 2003)

Tepelná energie, která doprovázela štěpnou reakci a nebyla nijak zanedbatelná, přinutila vědce k dalším výzkumům. Roku 1951 byl ve Spojených státech zprovozněn experimentální reaktor, který dokázal vyrobit menší množství elektrické energie. O tři roky později se v Sovětském svazu podařilo uvést do chodu první jadernou elektrárnu u města Obninsk, která zásobovala město elektrickou energií až do roku 1959. Ukončení jejího provozu však nebylo spojeno s žádnou havárií, nýbrž celá elektrárna byla přetransformována do podoby vědeckého pracoviště, pro vývoj modernějších typů reaktorů. (World-nuclear.org; 2018)

Využívání jaderné energie, jako zdroje levné a čisté energie bylo celkem logické. Provoz jaderné elektrárny zatěžuje životní prostředí jen minimálně, jelikož její provoz není spojován s enormními emisemi v podobě oxidu uhličitého, které jsou standardem pro klasické tepelné elektrárny. Spotřebované jaderné palivo je v razantním nepoměru s palivem fosilním, kdy energie dodaná z 1 gramu uranu odpovídá energii vyprodukované spálením 330 kilogramů černého uhlí. (cez.cz.; 2020)

1.2.2 Princip fungování jaderné elektrárny (JE Temelín – VVER 1000)

Reaktory typu VVER (Vodo-vodní energetický reaktor², v anglofonních zemích PWR – Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor) patří k nejrozšířenějším reaktorům po celém světě. Výhodou jejich konstrukce je využití vody jako chladiva a moderátoru zároveň.

Štěpná reakce probíhá v aktivní zóně tlakové nádoby reaktoru. V případě České republiky se jedná o ruské reaktory typu VVER vyrobené v Plzni firmou Škoda Jaderné strojírenství. Jaderná elektrárna Temelín disponuje dvěma reaktory typu VVER 1000. Jaderná elektrárna Dukovany obsluhuje celkem čtyři reaktory typu VVER 440. Typová čísla 1000 a 440 označují tepelný výkon reaktoru v megawatttech. (Rosatom; 2020)

U reaktorů VVER je teplo z aktivní zóny odváděno chladicí vodou primárního okruhu, která kontinuálně protéká kolem palivových souborů, do parogenerátoru. Samotný parogenerátor si můžeme představit jako veliký výměník tepla. Přes uzavřené kolektory v parogenerátorech dojde k předání tepla z primární strany parogenerátoru do sekundární strany parogenerátoru. Na sekundární straně dojde ohřevem vody ke vzniku páry, která je vedena na jeden vysokotlaký a tři nízkotlaké díly turbíny, které přes společnou hřídel roztáčí turbogenerátor o výkonu 1090 Megawatt elektrických (v případě elektrárny Temelín). (cez.cz; 2020)

Pára, která prošla přes turbíny je svedena do kondenzátoru, kde zkondenzuje a následně je vedena na systém nízko a vysokotlakých regenerací, ohříváků a turbo-napájecích čerpadel, které, nyní již opět vodu, dopraví zpět do parogenerátoru. Dochlazení vody v kondenzátoru je prováděno systémem chlazení, jehož součástí jsou v našich elektrárnách chladicí věže a bazény s rozstříkem. Tento koloběh se opakuje neustále, dokud palivo poskytuje dostatek energie nutný k ohřevu vody. Při poklesu požadovaných parametrů dojde k odstavení reaktoru a zahájení takzvané odstávky, kdy dojde k obměně jedné třetiny palivových souborů. (cez.cz; 2020)

1.2.3 Bezpečnostní prvky jaderné elektrárny (JE Temelín)

Provoz jaderné elektrárny je velmi specifický. Během svého provozu a životnosti pracuje elektrárna s velmi významnými zdroji ionizujícího záření a radioaktivitou, proto je prvořadým požadavkem bezpečnost provozu a preventivní opatření, která zabraňují

² Z ruského překladu Водо-водяной энергетический реактор [Vodo-Vodjanoj Energetičeskij Reaktor]

nežádoucím provozním stavům. Současně musí být veškeré systémy jaderné elektrárny konstruovány a zabezpečeny tak, že dokážou odolat i málo pravděpodobným mimořádným událostem. Mezi tyto události zahrnujeme: živelní pohromy, pád letadla, náraz meteoritu apod. (cez.cz; 2020)

Pravděpodobnost abnormálních a nehodových stavů, které by mohly vzniknout chybou obsluhy, či selháním technologie, je snižována periodickým školením provozního personálu a periodickými technologickými kontrolami. (cez.cz; 2020)

Bezpečnostní prvky, které zabraňují gradaci nehodového stavu na stav havarijní dělíme na Pasivní a aktivní.

Pasivní bezpečnostní prvky – v případě pasivní bezpečnosti jaderné elektrárny hovoříme o takzvané ochraně do hloubky, která se dělí do čtyř, na sebe navazujících, stupňů – bariér. Ochranou do hloubky jsou specifická technologická provedení, která na sebe úzce navazují:

1. bariérou je úprava samotné palivové matrice, která je svými parametry uzpůsobena tak, že v případě dosažení kritické teploty zabraňuje okamžitému tavení,
2. bariérou je zirkoniový proutek, v němž jsou jednotlivé palivové matrice uloženy, a který zabraňuje v případě selhání první bariéry okamžitému tavení aktivní zóny,
3. bariérou je celek primárního okruhu, jehož hermetické uzavření a celistvost zabraňují úniku radioaktivních látek do prostorů kontejnmentu,
4. bariérou je samotný kontejnment, který je poslední ochrannou bariérou před únikem radioaktivních látek do životního prostředí. (sujb.cz; 2016)

Jedním z nejdůležitějších pasivních ochranných provedení je právě poslední ochranná bariéra – kontejnment, kterým je plnotlaká ochranná obálka, ve které je uzavřen celý primární okruh a z části okruh sekundární v podobě parogenerátorů. Pod pojmem plnotlaká obálka se neskrývá nikterak složitá konstrukce, jelikož jde o ocelovo-betonový válec stažený přepětovými lany, který v případě radiační havárie slouží k zachycení uniklé páry a radioaktivních látek. V případě JE Temelín je konstrukční specifikace následující:

- výška 56 metrů,
- vnitřní průměr 45 metrů,
- tloušťka stěn 1,2 metru + 8 milimetrů austenitické oceli,
- tloušťka kopule 1,1 metru.

Svým konstrukčním provedením je kontejnment schopen zachytit veškerou páru a tlak, které by se v případě havárie uvolnily. Tyto vlastnosti jsou pravidelně ověřovány při tzv. periodické zkoušce integrity, kdy je do kontejnmentu pomocí dmychadel natlakováno 45 tun vzduchu a je vytvořen přetlak o hodnotě 70 kPa. (cez.cz; 2020)

Po událostech na JE Fukušima přibýly k pasivním prvkům i rekombinátory vodíku, které v případě netěsnosti primárního okruhu zabráňují hromadění vysoce výbušného vodíku.³ Tímto systémem je zabráněno vzniku malých vodíkových detonací a samotnému hromadění vodíku, který by mohl porušit integritu kontejnmentu. (Bromová; 2019)

Aktivní bezpečnostní prvky – po zkušenostech z předchozích nehod a havárií bylo zjištěno, že samotné pasivní ochranné prvky nemohou rozvoji nehody a havárie zabránit. Je tudíž zapotřebí aktivovat podpůrná ochranná zařízení, která zpomalí, či úplně zastaví rozvoj havarijního stavu. K tomuto účelu primárně slouží:

- **Klastry (řídící tyče)** – jedná se o součást palivových souborů. Klastry jsou pohyblivé součásti souborů, které dokážou regulovat výkon reaktoru na základě absorpce neutronů. V případě ztráty kontroly nad štěpnou reakcí dojde k pádu klastrů do spodní polohy a tím se samotná štěpná reakce zcela zastaví.
- **Čerpadla havarijního doplňování** – tato čerpadla mají za úkol v případě nehody/havárie zabezpečit průtok a doplňování chladiva v aktivní zóně a tím vyloučit, či oddálit začátek tavení aktivní zóny.
- **Čerpadla sprchování kontejnmentu** – tato čerpadla v případě porušení primárního okruhu a úniku páry do kontejnmentu zahájí sprchování celého kontejnmentu zevnitř, čímž dojde k ochlazení a zkapalnění páry, a tudíž i ke snížení tlaku uvnitř kontejnmentu. Veškerá zkapalněná pára je zachycena v tzv. havarijních jímkách, kde je vrácena zpět do okruhu pro čerpadla sprchování. (cez.cz; 2020)

³ Jejich funkce spočívá ve vychytávání jednotlivých molekul vodíku a jejich katalytickým spalování s molekulami kyslíku a se vznikem výsledného produktu vodní páry.

1.2.4 Zóna havarijního plánování JE Temelín

Zóna havarijního plánování JE Temelín (dále „ZHP JE Temelín“) je dle zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon, oblast blízkého okolí jaderného zařízení, ve které se na základě analýzy a hodnocení RMU uplatňují požadavky na zavedení neodkladných ochranných opatření obyvatelstva. Samotnou ZHP JE Temelín stanovuje SÚJB. (sujb.cz; 2020)

V případě JE Temelín se ZHP dělí do dvou částí. Vnitřní a vnější část. Vnitřní část ZHP je stanovena pro přípravu a provedení evakuace osob. V případě JE Temelín je tato zóna vymezena plochou kruhu o poloměru 5 km se středem v kontejnmentu 1. výrobního bloku ETE. Vnější část ZHP JE Temelín je stanovena pro opatření varování a vyrozumění, opatření ukrytí, jódové profylaxe a regulace pohybu osob. Stanovení vnější části je provedeno pomocí plochy kruhu se středem v JE o poloměru 13 km. (sujb.cz; 2020, Prouza; 2008)

Vzhledem k nutnosti informování zasahujících složek IZS při RMU a stanovení zasažených sektorů ZHP slouží stabilní stanice radiační kontroly okolí (dále „SSRKO“). Dochází tedy k propojení vnitřního a vnějšího havarijního plánu na technologické bázi. Součástí těchto stanic je kontinuální detekování dávkových příkonů v jednotlivých částech ZHP a periodický odběr vzorků z filtrů jódu, aerosolů a srážkové vody, které vyhodnocuje Laboratoř radiační kontroly okolí. (cez.cz; 2020)

1.2.5 Vnitřní havarijní plán JE Temelín

Jaderná elektrárna je zařazena do jaderných zařízení IV. kategorie, což znamená, že pro naplnění zákonných požadavků musí mít provozovatel zpracovaný vnitřní a vnější havarijní plán, pro případ vzniku RMU. Havarijním plánem se rozumí dokument, v němž jsou popsány opatření a činnosti, které vedou k minimalizaci nebo úplnému odstranění následků vzniklé havárie. Dle platného atomového zákona je provozovatel jaderného zařízení IV. kategorie povinen předložit zpracovaný vnitřní a vnější havarijní plán, před zahájením provozu jaderného zařízení, SÚJB. (HZS ČR; 2020)

Vnitřní havarijní plán – je, dle § 10 vyhlášky č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku, písemný dokument, který stanovuje: způsob zajištění havarijní připravenosti, způsob zvládnání možných závažných havárií, opatření zajišťující vhodný

monitoring následků závažné havárie, sanaci místa závažné havárie a v neposlední řadě určuje způsob dokumentace protokolů, změn a aktualizací.

1.2.6 Vnější havarijný plán JE Temelín

Vnější havarijný plán JE Temelín (dále „VHP JE Temelín“) je strategický dokument Jihočeského kraje určený zejména pro složky IZS, orgány veřejné správy a dotčené subjekty, které jsou určené k likvidaci následků RMU. Jeho obsahem jsou návrhy a opatření vedoucí k minimalizaci nežádoucích následků RMU na JE Temelín. (HZS JčK; 2020)

VHP JE Temelín je zpracován na základě legislativního požadavku vyhlášky č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, ve znění pozdějších předpisů. Zpracovatelem VHP JE Temelín je Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje (dále „HZS JčK“). VHP JE Temelín vychází ze základních podkladů dodaných provozovatelem jaderného zařízení, podkladů dodaných krajským úřadem, jednotlivými složkami IZS a správními orgány dotčených případným vznikem RMU. (HZS JčK; 2020)

VHP JE Temelín navazuje na vnitřní havarijný plán JE Temelín, přičemž vzájemné vazby obou plánů havarijního plánování projednává držitel povolení (ČEZ a.s.) na základě požadavků vyhlášky č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury s Katastrálním úřadem JčK a dotčenými obcemi s rozšířenou působností uvnitř zóny havarijního plánování. Úlohu dohledového orgánu plní SÚJB. (HZS JčK; 2020)

1.2.7 Hasičský záchranný sbor podniku JE Temelín

Jaderná elektrárna Temelín, potažmo její provozovatel společnost ČEZ a.s., je povinna, dle zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon, zřizovat hasičský záchranný sbor podniku (dále „HZSP“). Tento záchranný sbor má za úkol dohled nad požární ochranou v areálu ETE a v případě vzniku RMU plnit úkoly vedoucí k minimalizování následků probíhající události pouze v rámci vnitřního havarijního plánu. (ČEZ; 2020)

1.3 Radiační havárie – klasifikace

Radiační havárií se rozumí událost, která vede, či může vést k ozáření obyvatel v rámci nehodové expoziční situace, a která vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo, která zabraňují překročení nebo zhoršení situace z pohledu zajištění radiační ochrany (cez.cz; 2020)

1.3.1 Stupně radiačních nehod v ČR

Státní úřad pro jadernou bezpečnost v novém atomovém zákoně z roku 2016 změnil definice radiačních nehod a zavedl nové označení v následující podobě:

- Radiační mimořádná událost 1. stupně (RMU 1.st)
- Radiační nehoda (RN)
- Radiační havárie (RH)

Jednotlivé stupně označují radiační mimořádnou událost a definují jakými prostředky bude zvládána a zdali je zapotřebí zavádět neodkladná ochranná opatření. (sujb.cz; 2020)

1.3.2 Mezinárodní stupnice INES

Závažnost každé nestandardní události, která je spojena nejen s jadernou energetikou, ale s jakýmkoliv oborem využívajícím jadernou energii z mírového hlediska, začala být od roku 1990 hodnocena na základě stupnice INES (The International Nuclear Event Scale), kterou zveřejnila Mezinárodní agentura pro atomovou energii sídlící ve Vídni. Tato stupnice má 7 stupňů, které hodnotí každou událost, přičemž 7. stupeň klasifikuje nejzávažnější událost – velmi těžkou havárii. Doplňkovým stupněm stupnice INES je stupeň 0, který označuje pouhé odchylky od normálního stavu a nijak nesouvisí s jadernou bezpečností (pro přehlednost znázorněno v tab. 1). 1. až 3. stupněm se hodnotí události, které mají charakter menších nehod, při nichž nedošlo k úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Stupně 4 až 7 označují události hodnocené jako havárie. 7. stupeň byl v celé historii jaderné energetiky zaznamenán pouze dvakrát. Poprvé při černobylské havárii roku 1986 a podruhé při havárii ve Fukušimě roku 2011. (sujb.cz; 2020)

Tabulka 1 Stupnice INES, zdroj: iaea.org; 2020

Stupeň události	Název události	Popis události	Vybraná událost
0	Odchylka	Drobná odchylka od provozního režimu.	---
1	Anomálie	Provozní odchylky. Mohou vzniknout na základě poruch, či chybných manipulací.	---
2	Nehoda	Závada, která nemůže ohrozit jadernou bezpečnost. Dojde k zapůsobení bezpečnostních struktur elektrárny.	---
3	Vážná nehoda	Únik radioaktivních látek mimo primární okruh, ale bez úniku do životního prostředí. Situace zvládnuta silami směnového personálu.	---
4	Havárie bez vážnějšího vlivu na životní prostředí	Částečné poškození aktivní zóny reaktoru. Únik radioaktivních látek vně elektrárny v minimálním množství.	Jaslovské Bohunice (Československo 1977)
5	Havárie s rizikem vlivu na životní prostředí	Významné poškození aktivní zóny reaktoru. Únik radioaktivních látek mimo elektrárnu. Zavedení opatření k ochraně obyvatelstva.	Three Mile Island (USA 1979)
6	Těžká havárie	Těžké poškození aktivní zóny reaktoru. Velký únik radioaktivních látek do životního prostředí. Aktivace havarijních plánů a opatření ochrany obyvatelstva.	
7	Velmi těžká havárie	Zničení aktivní zóny reaktoru. Velmi vysoký únik radioaktivních látek. Projevují se deterministické účinky. Nutná evakuace obyvatelstva.	Černobyl (SSSR 1986) Fukušima (Japonsko 2011)

1.4 *Radiační havárie – výběr*

Budeme-li chtít pátrat v historii po nejzávažnějších radiačních nehodách a haváriích (dále „RMU“) na mapě Evropy, nemusíme zacházet nijak daleko od hranic České republiky. 25. prosince 1972 se u obce Jaslovské Bohunice, nedaleko Trnavy, podařilo úspěšně zprovoznit první jadernou elektrárnu na území Československé republiky. Jejich reaktor typu KS – 150 (označován jako A1) byl svou konstrukcí a způsobem fungování ve své době světovým prototypem. Jako takový měl ale i své dětské nemoci. (cez.cz; 2020)

1.4.1 **Jaslovské Bohunice (ČSSR)**

V případě RMU v Jaslovských Bohunicích se jednalo o reaktor vycházející ze sovětského návrhu, avšak československé konstrukce. Reaktor A1 využíval jako palivo přírodní neobohacený uran U-238, moderátorem a reflektorem bylo deuterium (tzv. „těžká voda“) a chladivem byl oxid uhličitý. Tepelný výkon reaktoru A1 byl 560 MWt. Velikou výhodou tohoto reaktoru, oproti dnešním reaktorům typu VVER (PWR), byla možnost kontinuální výměny palivových souborů za provozování reaktoru na výkonu, čímž odpadala potřeba neekonomických odstávek, kdy by elektrárna neprodukovala elektřinu do sítě. (cez.cz; 2020)

Reaktor A1 byl prototypovým reaktorem, proto byl jeho prvotní provoz doprovázen řadou menších poruch a odchylek od požadovaného stavu. Klíčovou událostí se stal začátek roku 1977, kdy došlo k události, která byla na stupnici INES ohodnocena stupněm číslo 4, tedy havárií bez vážnějšího vlivu na životní prostředí. Ke vzniku havárie došlo 22. února 1977, kdy byl do reaktoru zavezen palivový soubor, který obsahoval malé množství kuliček silikagelu.⁴ Lidskou chybou došlo k protržení jednoho z obalů a kuličky silikagelu se dostaly mezi palivové proutky. Tento cizí předmět způsobil nedostatečný průtok chladiva mezi jednotlivými palivovými proutky a tím došlo k tavení aktivní zóny. Radioaktivní látky naštěstí nepronikly přímo do životního prostředí, ale zůstaly uvnitř primárního a sekundárního okruhu elektrárny. Při této havárii nebylo zapotřebí zavádět činnosti pro ochranu obyvatelstva. (Písek; 2020)

Po celkovém vyhodnocení této jaderné havárie bylo rozhodnuto o odstavení Jaslovských Bohunic A1 z dalšího provozu a téhož roku byly odstaveny. (cez.cz; 2020)

⁴ Silikagel byl k palivovým souborům přidáván z důvodu pohlcování nechtěné vlhkosti.

1.4.2 Three Mile Island (USA)

Událost na Three Mile Islandu (TMI), ke které došlo mezi 28. – 29. březnem 1979 v americkém státě Pensylvánie, se stala první závažnou havárií jaderného zařízení na americkém kontinentu a zároveň závažnou havárií reaktoru typu PWR. Jednalo se o souhrn technologických a lidských chyb, které ve svém důsledku mohly vést k těžké havárii. (Amadeo; 2020)

Jaderná elektrárna TMI u města Harrisburg, ve státě Pensylvánie disponovala dvěma reaktory typu PWR o výkonu 800 MWe. Nedůsledná údržba a absence kontroly provedených prací vedla k opomenutí otevření jednoho ze šoupátek na potrubní trase, které způsobilo nedostatečné zásobování vodou jeden z parogenerátorů. Veškeré automatické ochrany reaktoru zapůsobily dle projektových podmínek a došlo k odstavení turbogenerátorů a pádu havarijních klastrů do aktivní zóny reaktoru. Současně došlo k najetí čerpadel havarijního doplňování chladiva do aktivní zóny. V tento moment mělo dojít ke snižování teploty aktivní zóny, ta však v tomto případě stále stoupala, jelikož jeden z pojistných tlakových ventilů zůstal otevřen, a chladivo tak vytékalo pod tlakovou nádobu reaktoru. Tento souběh událostí vedl k zahájení tavení částí aktivní zóny reaktoru. Celá situace byla vyřešena následující den, kdy se týmu specialistů podařilo aktivní zónu uchladit za cenu úniku radioaktivních látek do životního prostředí. INES tuto událost hodnotí stupněm číslo 5, Havárie s rizikem vlivu na životní prostředí. (Amadeo; 2020)

Avšak jedním z klíčových momentů se stalo působení televizních a novinářských štábů, které dokázaly vnést mezi místní obyvatele paniku, na jejímž základě bylo zapotřebí zavádět rozsáhlé činnosti pro ochranu obyvatelstva, ačkoliv nebyly potřeba. Z příkazu starosty města Harrisburg došlo k evakuaci dětí a těhotných žen. Pozdější studie prokázaly, že dávka ozáření, které byli obyvatelé nejbližšího okolí elektrárny vystaveni, by se dala přirovnat k dávce, která je obdržena při jednom RTG vyšetření končetin. (Ayes; 1979)

1.4.3 Černobyl (SSSR)

Havárie na jaderné elektrárně V. I. Lenina nedaleko města Pripjat' v roce 1986 se stala symbolem pro hrozbu, jakou skrývá energie z jaderné reakce, pokud dojde k zanedbání jaderné bezpečnosti a bezpečnostních protokolů. Chyby v projektu samotného reaktoru RBMK 1000, falšování zkouškových protokolů a utajování

důležitých technologických informací, dovedly černobylský reaktor k těžké havárii. (Drábová; 2020)

K samotné havárii došlo v noci na 26. dubna 1986 na čtvrtém reaktorovém bloku, kdy při zkoušce bezpečnostních systémů došlo k porušení bezpečnostních parametrů a absencí regulačních prvků nebylo možné regulovat výkon reaktoru, který několikanásobně překonal bezpečnostní mez a po odpaření chladicího média došlo k detonaci vzniklého a nahromaděného vodíku, která zničila nádobu reaktoru včetně samotné reaktorovny. Společně s explozí došlo k velkému úniku radioaktivních látek do ovzduší a okolí elektrárny. Radioaktivní spad během několika dní zasáhl celou Evropu. (Blakemore; 2019)

Jako první dorazila na místo havárie patnáctičlenná jednotka hasičů ze speciálního podnikového útvaru požární ochrany, následována jednotkami z měst Černobyl a Pripjat'. Požár dostali pod kontrolu za tři hodiny od chvíle výbuchu. Špatná informovanost hasičského sboru, ohledně zvládnutí radiační havárie a nasazení sil a prostředků, měla za následek zhoršení kontaminace životního prostředí, jelikož hasivo, v podobě vody, se okamžitě odpařovalo a unikající pára odnášela do okolí radioaktivní částice. Společně s vnější a vnitřní kontaminací byly všechny zasahující jednotky vystaveny vysokým dávkám ozáření. (chernobylwel.com; 2020)

27 příslušníků hasičských sborů zemřelo na následky ozáření do několika dnů po havárii na akutní nemoc z ozáření. Pozdní reakcí odpovědných orgánů došlo taktéž k mnohačetným úmrtím obyvatel zapříčiněných vysokými dávkami ozáření a vinou pozdního zavedení neodkladných opatření nebylo zabráněno vzniku pozdně stochastických účinků, které si podle údajů Světové zdravotnické organizace do roku 2006, tedy dvacet let po havárii, vyžádaly na 14 000 obětí. (Blakemore; 2019)

1.4.4 Fukušima – Daiči (JAP)

Nejmladší ze série vybraných jaderných havárií je ta, která se stala v Japonsku roku 2011. Havárie fukušimské jaderné elektrárny je nejen pro českou jadernou energetiku významná z pohledu provozovaných reaktorů. Jednalo se o varné reaktory typu BWR⁵, které jsou konstrukčně jednodušší než české reaktory VVER, jelikož ke svému provozu nepotřebují sekundární okruh s parogenerátory. (Lochbaum; 2014)

⁵ Boiling water reactor

Ačkoliv se na první pohled může zdát, že celou havárii má na svědomí přírodní živěl v podobě přívalové vlny – cunami, není tomu až tak jednoznačně. Roku 2008 bylo doporučeno provozovateli jaderné elektrárny Fukušima, kterým je firma TEPCO⁶, aby došlo k rozšíření bezpečnostních prvků o protipovodňové stěny. Toto doporučení bylo vzato v potaz, avšak díky končící životnosti celé elektrárny nebylo již, z finančních důvodů, realizováno, tudíž i tuto havárii musíme zařadit k těm, kde jednu z hlavních příčin sehrál lidský faktor. (world-nuclear.org; 2020)

Špatné projektové navržení protipovodňových stěn způsobilo vniknutí mořské vody do bezpečnostních systémů, jejímž následkem bylo tavení palivových souborů ve třech reaktorech a bazénu pro skladování vyhořelého paliva. Vysoká teplota měla za následek odpařování a hydrolýzu chladiva. Vznikající vodík se začal směřovat se vzdušným kyslíkem a došlo k explozi, která protrhla ochrannou obálku reaktorového sálu. Do životního prostředí začaly unikat radioaktivní látky a došlo ke vzniku radiační havárie. (world-nuclear.org; 2020)

Svým rozsahem byla radiační havárie ve Fukušimě, podle agentury IAEA, ohodnocena na stupnici INES stupněm 7, čímž se jedná po Černobyli o druhou nejtěžší havárii v historii využívání jaderné energie. (iaea.org; 2020)

1.5 Státní orgány činné při RMU

1.5.1 Ministerstvo vnitra

Ministerstvo vnitra je ústředním orgánem státní správy České republiky (dále „MV“) v čele s ministrem, kterého jmenuje prezident ČR na základě návrhu premiéra ČR. Ministerstvo vnitra je odpovědné zejména za oblast veřejného pořádku a další věci vnitřního pořádku a bezpečnosti ve vymezeném rozsahu. Jednou z odpovědností MV ČR je odpovědnost v oblasti požární ochrany, kdy jednou z organizačních částí je Generální ředitelství HZS ČR (dále „MV - GŘ HZS ČR“). Působnost ministerstva je vymezena na základě § 12 zákona č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České republiky, ve znění pozdějších předpisů. (mvcr.cz; 2020)

1.5.2 Ministerstvo obrany

Ministerstvo obrany České republiky (dále „MO“), jehož působnost upravuje § 16 zákona č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy

⁶ Tokyo Electric Power Company

České republiky, ve znění pozdějších předpisů. Hlavním úkolem MO je řízení Armády ČR, jejíž vybrané útvary mohou být vyčleněny pro zvládnutí RMU. (mocr.army.cz; 2020)

1.5.3 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Nejvýznamnějším státním orgánem v oblasti jaderné bezpečnosti je Státní úřad pro jadernou bezpečnost (dále „SÚJB“). Jedná se o ústřední orgán státní správy. V čele SÚJB stojí předseda, který je jmenován vládou České republiky.⁷ Hlavním úkolem SÚJB je vykonávání státního dohledu a správy při využívání jaderné energie a ionizujícího záření a v oblasti nešíření jaderných, chemických a biologických zbraní. Jeho působnost je stanovena zákonem č. 263/2016 Sb., atomový zákon. (sujb.cz; 2020)

1.6 Integrovaný záchranný systém ČR

Častým omylem, který lze nejčastěji zachytit během poslechu konverzace, je ten, že obyvatelé považují integrovaný záchranný systém (dále „IZS“) za samostatnou operativní záchrannou složku. Tomuto faktu nejvíce napomáhá skutečnost, že tísňové číslo 112 do jisté míry pro obyvatele supluje tři rozdílná národní tísňová čísla pro Policii ČR, Hasičský záchranný sbor ČR a poskytovatele zdravotnické záchranné služby. Ve skutečnosti, hovoříme-li o IZS, hovoříme o systému, který je definovaný a vymezený zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, jehož základy sahají do roku 1993, kdy se začala ukazovat nutnost úzké spolupráce Policie ČR, Hasičského záchranného sboru ČR a zdravotnické záchranné služby při řešení mimořádných událostí. (Michalíčková; 2017)

1.6.1 Hasičský záchranný sbor ČR

Hasičský záchranný sbor ČR (dále „HZS ČR“) je jednotný bezpečnostní sbor zřízený dle zákona č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ale v současné době je účinný zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). Základními úkoly HZS ČR jsou chránit životy a zdraví obyvatel, životní prostředí, zvířata a majetek před požáry a jinými mimořádnými událostmi a krizovými situacemi. (hzscr.cz; 2017)

Pro zajištění plošného pokrytí ČR je vedle HZS ČR zřízen systém jednotek požární ochrany, složené z odborně připravených osob a požární techniky, které

⁷ V současnosti je předsedkyní SÚJB Ing. Dana Drábová, Ph. D.

zabezpečují účinnou pomoc do určitého časového limitu s odpovídajícím množstvím sil a prostředků. (hzscr.cz; 2017)

1.6.2 Policie ČR

Policie ČR (dále „PČR“) je jednotný ozbrojený bezpečnostní sbor zřízený zákonem České národní rady z roku 1991 působící na území České republiky. V současné době je PČR řízena zákonem č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky. Mezi základní úkoly PČR je chránit bezpečnost osob a majetku a veřejný pořádek, předcházet trestné činnosti, plnit úkoly podle trestního řádu a další úkoly na úseku vnitřního pořádku a bezpečnosti svěřené jí zákony., přímo použitelnými předpisy Evropské unie nebo mezinárodními smlouvami, které jsou součástí právního řádu České republiky. (policie.cz; 2020)

1.6.3 Zdravotnická záchranná služba

Zdravotnická záchranná služba (dále „ZZS“) je zřizována dle zákona č. 374/2011 Sb., o zdravotnické záchranné službě a zaručuje obyvatelům, na základě tísňové výzvy, poskytování zejména přednemocniční neodkladné péče osobám se závažným postižením zdraví nebo v přímém ohrožení života. (zákon č. 374/2011; 2011)

1.6.4 Armáda ČR

Armáda ČR (dále „AČR“) je zařazena do ostatních složek IZS. Jedná se o uniformovaný ozbrojený sbor určený k obraně České republiky. Avšak v případě rozsáhlých přírodních, či antropogenních mimořádných událostí lze, na základě Rámcové dohody o spolupráci mezi Ministerstvem vnitra ČR a Ministerstvem obrany ČR z roku 2003, která byla uzavřena mezi MV - generálním ředitelstvím HZS ČR a Generálním štábem AČR, zařadit vybrané útvary AČR k plnění úkolů při MU, či KS. (mocr.army.cz; 2014)

Realizační dohoda mezi PČR a AČR umožňuje na základě nařízení vlády č. 465/2008 Sb., povolat příslušníky AČR k plnění úkolů PČR při RMU na obou českých jaderných elektrárnách. (Rosická; 2006)

Podmínkou Rámcové smlouvy mezi MV a MO, při nasazení ozbrojených sil ve prospěch IZS, je zachování schopností plnit základní úkoly AČR. (Rosická; 2006)

1.7 Ochrana obyvatelstva při RMU

Ochrana obyvatelstva je jedna z nezcizitelných povinností a starostí státu. Garantem ochrany obyvatelstva je MV, které tuto povinnost přenáší na všechny úrovně veřejné správy. Ochrana obyvatelstva a její opatření pro minimalizaci následků mimořádných a krizových událostí mohou být aplikována jak pro mírové, tak i válečné období. Jednou z podstatných částí ochrany obyvatelstva by měla být informovanost široké veřejnosti, která má napomáhat ve zvyšování účinků ochrany obyvatelstva. (Kratochvílová; 2013)

1.7.1 Varování obyvatelstva při RMU

V případě vzniku mimořádné události, v našem případě vzniku RMU, je varování obyvatelstva prvním krokem k minimalizování možných následků samotné události. K tomuto účelu je v ČR vybudován jednotný systém varování a vyrozumění (dále „JSVV“), za jehož zabezpečení nese odpovědnost, dle zákona o IZS, MV – GŘ HZS ČR. (zákon č. 239/2000; 2000)

Základním prostředkem JSVV je síť koncových prvků varování. Jedná se především o elektronické a rotační sirény, které generují akustický signál. V případě absence těchto prostředků v dané lokalitě, je jeho nahrazení provedeno místními informačními systémy.

V současné době existují pouze tři druhy akustických signálů, které mohou zaznít. Jedná se o: *požární poplach, všeobecnou výstrahu a zkoušku sirén*, přičemž pouze všeobecná výstraha je varovným signálem pro obyvatelstvo.

Varovný signál všeobecné výstrahy⁷ má podobu kolísavého tónu, který zní po dobu 140 sekund. Signál všeobecné výstrahy je doplněn verbální informací, která upřesňuje nastalou situaci.⁸ (Kratochvílová; 2013)

1.7.2 Jódová profylaxe

Nedílnou součástí prvotního varování obyvatelstva bude vyzvání dotčených obyvatel v zóně havarijního plánování k užití jódové profylaxe. Toto nařízení mohou vydat pouze orgány krizového řízení pomocí hromadných informačních prostředků. Jódovou profylaxí se rozumí požití tablet jodidu draselného, který zasytí štítnou žlázu

⁷ Signál všeobecné výstrahy by byl použit i v případě RMU.

⁸ V případě RMU by verbální informace měla tuto podobu: „Radiální havárie, radiální havárie, radiální havárie. Ohrožení únikem radioaktivních látek. Sledujte vysílání Českého rozhlasu, televize a regionálních rozhlasů. Radiální havárie, radiální havárie, radiální havárie.“

neaktivním jódem a zabrání další absorpci radioaktivního jódu štítnou žlázou⁸. Tímto krokem dochází k výraznému snížení pravděpodobnosti budoucího vzniku rakovinotvorného onemocnění.⁹ Jódová profylaxe má smysl, je-li užita včas, tedy ihned po vydání nařízení. Později již nemá smysl z důvodu nasycení štítné žlázy radioaktivním jódem (Hameln rds a.s.; 2013)

1.7.3 Ukrytí obyvatelstva při RMU

Ukrytí obyvatelstva při MU, pro ČR zejména při živelních pohromách, při úniku chemických, či radioaktivních látek do životního prostředí, se rozumí využití přirozených stavebních vlastností budov, které poskytnou dostatečné ukrytí obyvatel v oblasti dotčené MU. V případě RMU je důležité ukrytí před účinky radiace a možné kontaminace radioaktivním prachem. (Kratochvílová; 2013)

Při vzniku RMU je zapotřebí během ukrytí dodržet specifické zásady, mezi které patří:

- ukryt se ve vhodných místnostech (středové, suterénní, sklepní místnosti budov) s minimálním počtem oken, dveří a jiných větracích otvorů,
- zavřít a utěsnit okna, dveře a ostatní ventilační otvory,
- vypnout ventilační, či klimatizační jednotku,
- vypnout, či zhasit veškeré spotřebiče na spalování paliv,
- řídit se pokyny složek IZS, či orgánů krizového řízení,
- opustit úkryt lze pouze na přímý pokyn složek IZS, orgánů krizového řízení, či na základě zpráv hromadných informačních prostředků. (Kratochvílová; 2013)

1.7.4 Evakuace obyvatelstva při RMU

Při vzniku mnohých MU a KS je evakuace obyvatelstva nezbytným procesem, při minimalizování nežádoucích negativních dopadů MU na životy a zdraví osob nacházejících se v zasažené oblasti. Evakuace obyvatelstva se řadí mezi opatření, kdy nelze účinnou ochranu obyvatelstva zabezpečit jinou metodou než transportem ohrožené skupiny obyvatelstva z oblasti MU, kde hrozí obyvatelstvu nebezpečí do bezpečných prostor, či oblasti. (Kratochvílová; 2013)

⁸ Radioaktivní jód je jednou z radioaktivních látek, která by se do ovzduší, společně s prachem, uvolnila během jaderné havárie.

⁹ Tablety jodidu draselného jsou především doporučeny dětem a lidem v produktivním věku. U lidí nad 40 let věku není zvýšené riziko rakoviny štítné žlázy.

Evakuaci nařizuje za stavu nebezpečí a nouzového stavu vláda ČR. Evakuaci obyvatelstva koordinuje HZS ČR, vlastní zajištění evakuace je úkolem příslušného obecního úřadu. Starosta dotčené obce koordinuje záchranné práce s velitelem zásahu, nebo se starostou obce s rozšířenou působností (dále „ORP“). (zákon č. 239/2000; 2000)

Evakuaci obyvatelstva můžeme dále rozdělit podle rozsahu opatření, doby trvání a způsobu realizace na následující:

- Rozsah opatření:
 - Evakuace objektová – evakuace osob z jedné nebo malého počtu budov
 - Evakuace plošná – evakuace osob z části nebo celého urbanistického celku (Kratochvílová; 2013)
- Doba trvání:
 - Evakuace krátkodobá – evakuace nevyžaduje dlouhodobé opuštění objektů, či prostoru ze strany obyvatelstva, v tomto případě není zapotřebí realizovat opatření následné péče o evakuované obyvatelstvo v podobě nouzového ubytování a stravování
 - Evakuace dlouhodobá – dlouhodobé opuštění objektů, či prostoru ze strany obyvatelstva, v tomto případě je zapotřebí realizovat opatření následné péče o evakuované obyvatelstvo v podobě nouzového ubytování a stravování (Kratochvílová; 2013)
- Způsob realizace:
 - Evakuace řízená – proces evakuace řídí příslušné orgány pro řízení evakuace od jejího vyhlášení. Evakuované osoby se přemísťují svépomocí z místa MU do prostor předem stanoveného náhradního ubytování, nebo pomocí předem zajištěných prostředků hromadné dopravy.
 - Samovolná evakuace – samotný proces evakuace není řízen a evakuované osoby se přemísťují z místa MU do bezpečných prostor na základě vlastního uvážení bez souhlasu, příp. nařízení

orgánů zabezpečujících evakuaci. Tomuto druhu evakuace nelze nikterak zabránit, jelikož je závislá na lidském pudu sebezáchovy. Řídící orgány v případě samovolné evakuace musí vyvinout snahu, o co možná nejrychlejší a nejefektivnější převzetí kontroly nad jejím průběhem.¹⁰

- Samoevakuace – evakuované osoby se přemísťují z místa MU do bezpečných prostor vlastními prostředky, ale se souhlasem, příp. z nařízení orgánů krizového řízení. (Kratochvílová; 2013)
- Evakuace přímá – provádí se bez předchozího ukrytí obyvatelstva v ohrožené oblasti.
- Evakuace s ukrytím – provádí se po předchozím ukrytí evakuovaných osob v ohrožené oblasti. K evakuaci osob z místa události dochází po snížení stupně ohrožení v dané oblasti. (Kratochvílová; 2013)

1.7.5 Nouzové přežití obyvatelstva při RMU

Nouzové přežití obyvatelstva je jedním z hlavních úkolů ochrany obyvatelstva. Jedná se o souhrn činností a úkolů příslušných správních orgánů, ale i dotčených obyvatel vedoucích k minimalizování nežádoucích následků vzniklé havárie na životy a zdraví obyvatelstva. (Kratochvílová; 2013)

Mezi opatření nouzového přežití patří:

- nouzové ubytování – rozumí se zajištění náhradních ubytovacích kapacit. K tomuto účelu by primárně měly být voleny objekty se stacionárním lůžkovým, stravovacím a hygienickým vybavením (př.: hotely, ubytovny, školská zařízení apod.),
- nouzové zásobování potravinami – toto opatření můžeme dále dělit do dvou skupin na: poskytování základních druhů potravin a zabezpečení stravování¹¹,

¹⁰ Tato forma evakuace se stává velmi nebezpečnou, jelikož může docházet ke vznikům různých kolizí, či ztrátám na životech a majetku.

¹¹ Rozumí se tím možnost přímého stravování v restauracích, či podobných stravovacích zařízeních, nebo dovoz jídel z těchto zařízení.

- nouzové zásobování pitnou vodou – zabezpečení transportu pitné vody od jejího zdroje na místo určení. K tomuto účelu mohou sloužit cisterny na pitnou vodu, či mobilní úpravný pitné vody. Součástí tohoto opatření je i zásobování dotčených obyvatel balenou pitnou vodou,
- nouzové základní služby – mezi hlavní nouzovou základní službu vedle poskytnutí zdravotní péče patří poskytování informací o stávající situaci a nově přijímaných opatřeních. Do této skupiny zahrnujeme i sociální, hygienické, veterinární, dopravní, technické a další služby,
- Nouzové dodávky energií – nouzové zajištění elektrické, tepelné energie, či plynu
- Humanitární pomoc – hlavním úkolem je zvýšení komfortu dotčeného obyvatelstva, čímž může být dosaženo materiální, duchovně/psychologickými, či právními službami. (Kratochvílová; 2013)

Tato opatření jsou aplikována po dobu, která bude vyžadovat plnění úkolů vedoucích k ochraně života a zdraví obyvatel a zajištění životních potřeb. Pro evakuované obyvatelstvo se opatření nouzového přežití ukončuje v momentě návratu obyvatel do původních bydlišť a obnovením funkce infrastruktury. V případě RMU by bylo pravděpodobnější přesídlení obyvatel do nových domů, či sídlišť. (Kratochvílová; 2013)

2 Cíle práce a výzkumné otázky

2.1 Cíle práce

Srovnat jednotlivé případy jaderných havárií z globálního hlediska. Srovnání následných opatření, která vedla k minimalizaci ohrožení zdraví, životů obyvatel a životního prostředí.

Porovnat přístupy k ochraně obyvatelstva v bipolárním rozdělení světa a následná komparace s opatřeními ochrany obyvatel, která jsou používána v současné době.

2.2 Výzkumné otázky

Jak se lišilo pojetí ochrany obyvatelstva v minulosti v případě jaderné havárie z pohledu západního a východního sektoru?

Odpovídají současná opatření ochrany obyvatel České republiky v případě jaderné havárie opatřením zavedeným ve světě?

3 Operacionalizace pojmů

Úkolem této kapitoly je seznámit čtenáře se základními pojmy, které budou hodnotit úroveň ochrany obyvatelstva při vzniku RMU. Jednotlivé názvy použitých pojmů vychází z platných českých právních předpisů, zejména ze zákona č. 239/2000 Sb.

3.1 Včasné varování obyvatelstva

Včasným varováním obyvatelstva rozumíme dobu, která uběhne od samotného vzniku RMU do chvíle, kdy příslušné orgány upozorní dotčené obyvatelstvo na možné nebezpečí. Čím kratší je tato doba, tím vyšší je účinnost opatření, která jsou zaváděna a zároveň dochází ke snížení možných nežádoucích účinků na zdraví a bezpečí ohroženého obyvatelstva. Hodnotícím parametrem bude doba, která uplyne od vzniku RMU po okamžik varování obyvatelstva. (Kratochvílová; 2013)

3.2 Účinnost varování

Účinností varování rozumíme způsoby, kterými je toto varování prováděno. Hodnotíme, jak velký dosah mezi obyvatelstvem toto varování má. V případě ČR je toto varování prováděno prostředky JSVV, popřípadě místním informačním systémem. (Kratochvílová; 2013)

3.3 Výzva k ukrytí obyvatelstva

Touto výzvou se rozumí ukrytí obyvatelstva uvnitř budov a využití jejich přirozených ochranných vlastností před účinky ionizujícího záření. V případě výzvy k ukrytí obyvatelstva bude hodnotícím parametrem doba, která uplynula od vzniku RMU do doby této výzvy. (Kratochvílová; 2013)

3.4 Dostupnost jodové profylaxe

Jódová profylaxe, v podobě dvou tablet jodidu draselného, je nezbytným ochranným opatřením pro obyvatele ZHP a zasahujících složek IZS a operativního personálu JE, který by se podílel na zvládnutí RMU. V případě obyvatel ZHP je jódová profylaxe distribuována společností ČEZ a.s. každému obyvatele ZHP a zároveň je sledována doba expirace tohoto léčiva, přičemž je zajištěna jejich bezplatná obměna. Pro zasahující složky IZS a operativní personál JE je jódová profylaxe zajištěna v podobě havarijních balíčků, jejichž je součástí. Hodnotícím parametrem stanovíme dostupnost jodové profylaxe obyvatelům dotčených RMU. (cez.cz; 2020)

3.5 Včasné podání jodové profylaxe

Podání jodové profylaxe má specifická pravidla, mezi která patří i vhodná doba jejich podání. Toto podání je úzce spojeno se závazným pokynem odpovědných orgánů. Proto hodnotícím parametrem bude doba, která uběhne od vzniku RMU, po okamžik vydání pokynu k požití. (cez.cz; 2020)

3.6 Včasná evakuace

Evakuace jako jedno z neodkladných opatření ochrany obyvatelstva při vzniku RMU musí být zahrnuto a důkladně popsáno v plánech a opatřeních pro případ RMU. Včasnou evakuací pak rozumíme časové rozmezí, kdy je nejvhodnější evakuaci obyvatelstva ze zasažené oblasti provést. Pokud je evakuace provedena nedůsledně, popř. s časovou prodlevou, může dojít k ohrožení evakuovaného obyvatelstva v podobě radioaktivního spadu. Proto hodnotícím parametrem bude účinnost a rychlost evakuace. (Kratochvílová; 2013)

3.7 Nouzové přežití obyvatelstva

Nouzové přežití obyvatelstva se zabývá nouzovým ubytováním a zajištěním základních potřeb evakuovaného obyvatelstva. Je dalším z nezbytných opatření, které je nutno zavést. Nouzové ubytování je zapotřebí zavést na období, které je stanoveno od chvíle, kdy je zvládnuta RMU do chvíle, kdy hodnoty v zasažené oblasti jsou přípustné pro návrat evakuovaného obyvatelstva. Hodnotícím parametrem bude schopnost státu zajistit nouzové ubytování obyvatelstva. (Kratochvílová; 2013)

4 Metodika

V práci bude použita metoda kvalitativního výzkumu. Poznatky ze zdrojů budou získávány metodou literární rešerše relativních zdrojů, zejména závěrů vyšetřovacích komisí a odborných textů vydaných Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. V případě černobylské havárie budou využity zdroje v podobě přepisů odborných článků a výpovědí vyšetřovatelů. Získaná data budou analyzována a porovnávána mezi sebou, čímž získáme ucelený pohled na obě vybrané havárie. Základní výzkumnou metodou bude komparace, která se bude zaměřovat na vývoj v oblasti ochrany obyvatelstva v případě jaderných havárií. Výchozím bodem komparace v této oblasti bude RMU na černobylské elektrárně v roce 1986. Komparovaným příkladem je zvolena událost z roku 2011 na fukušimské jaderné elektrárně. Dojde ke srovnání vnímání ochrany obyvatel při jaderné havárii z pohledu „západního“, v našem případě z pohledu Japonska a „východního“ v podobě Sovětského svazu.

Budou zváženy aspekty v oblasti: politického zřízení a úrovně využívaných technologií, zejména technologií využívaných v jaderných elektrárnách. K tomuto účelu budou informace čerpány z webových stránek cia.gov a z literárních pramenů zabývajících se vývojem a situací SSSR v 80. letech. V případě jaderných technologií budou informace čerpány z webových stránek www.world-nuclear.org, které se zabývají porovnáváním jednotlivých jaderných reaktorů a jejich vlastností. Tyto výsledné aspekty budou aplikovány na opatření v oblasti obyvatelstva a bude posouzeno, na základě literární rešerše, zda opatření na ochranu obyvatelstva byla, či nebyla dostatečná.

Získaná data budou aplikována na události, které vedly ke vzniku RMU a na opatření vedoucí k ochraně obyvatelstva, která byla následně zaváděna. Každé ze zkoumaných oblastí bude přidělena číselná hodnota nabývající čísel v rozmezí 0 – 2, přičemž číslem 0 bude hodnoceno opatření, které nebylo zavedeno včas, či nebylo zavedeno vůbec. Číslem 1 bude hodnoceno opatření, které bylo zavedeno včas, avšak jeho účinnost byla ve finálním důsledku mizivá. Číslem 2 ohodnotíme správně zavedené opatření v oblasti ochrany obyvatelstva, které bylo zavedeno ve správný čas a bylo účinné.

Vyvozené závěry z RMU na jaderné elektrárně Fukušima budou následně aplikovány a porovnány s havarijním cvičením Zóna 2015 na jaderné elektrárně Temelín v České republice. RMU na jaderné elektrárně Fukušima byla pro komparaci vybrána z důvodů stavebně-technologické podobnosti vzhledem k JE Temelín. RMU na JE v Černobylu nebyla vybrána z důvodu absence ochranné obálky – kontejnmentu.

U těchto dvou komparovaných situací budeme hodnotit průběh RMU a zavádění opatření na ochranu obyvatelstva. K tomuto účelu bude stanovena časová osa, kdy začátek RMU bude stanoven v čase 0. Toto stanovení začátku je důležité z důvodu časového posunu, který činí mezi ČR a Japonskem +7 hodin. Proto události během RMU ve Fukušimě a události při cvičení Zóna 2015 budou přidávány dle časových údajů od počátku 0 s příslušnou hodinovou dotací. Výsledným porovnáním časových údajů budeme pozorovat rozdílnost postupů během RMU a budeme moci stanovit účinnost opatření na ochranu obyvatelstva.

Následně se budeme snažit určit úroveň informovanosti obyvatel České republiky v případě vzniku jaderné havárie. Informace o úrovni informovanosti obyvatelstva budou získány formou doplňkového dotazníkového šetření, které bude sloužit jako podpora vlastních tvrzení. K tomuto účelu byl sestaven elektronický dotazník, pomocí webových stránek survio.com, který obsahoval čtyři uzavřené otázky a s možným výběrem ze tří odpovědí z oblasti základních znalostí: „Jak se chovat při RMU.“ Elektronický dotazník byl zveřejněn pomocí hypertextového odkazu v uzavřené skupině na sociální síti čítající 1 609 členů. Pro objektivitu dat bylo zabráněno možnosti znovuotevření dotazníku a odpovídat jedné osobě vícekrát. Na dotazník odpovědělo 100 osob, což byl maximální stanovený počet odpovědí. Dotazníkové šetření si nečiní nárok, aby jeho výsledky bylo možné zobecnit, ale slouží výhradně pro doplňkové informace k danému tématu. Návratnost dotazníků tak činila 16,09 %.

Zpracované a vyhodnocené informace z dotazníku budou použity při vyvozování závěrů v oblasti informovanosti obyvatelstva v ČR. V oblasti informovanosti hraje nemalou roli vzdělávací systém v ČR. Zhodnocení vzdělávání v oblasti ochrany obyvatelstva bude taktéž součástí porovnávání.

Poslední fází práce bude syntéza získaných informací a jejich porovnání se skutečností. Na základě zjištěných údajů budou definovány případné návrhy na

opatření, která by mohla posílit současné rozvržení opatření na ochranu obyvatelstva při vzniku RMU v ČR.

5 Výsledky

Pro následující kapitolu je podstatné vhodně vybrat RMU, které budeme následně porovnávat. V první fázi bude práce srovnávat RMU z hlediska ochrany obyvatel závisící na vnějších faktorech, kterými jsou: politické zřízení, demografické složení státu a ekonomické faktory. Proto byl výběr RMU omezen na následující dvě události:

- Černobyl
- Fukušima – Daiči

U těchto vybraných událostí jsou zvolené faktory natolik rozdílné, že se stávají nejvhodnějšími příklady pro samotnou komparaci. Samotné státní zřízení u těchto dvou příkladů, které se staly v letech 1986 a 2011 jsou nejmarkantnějšími příklady. Zároveň lze tyto příklady aplikovat na období bipolárního rozdělení světa mezi „demokratický západ a totalitní východ.“

Výběr těchto dvou událostí byl podmíněn také faktem, že při jejich průběhu uniklo do životního prostředí velké množství radioaktivních látek a bylo zapotřebí zavést opatření v podobě dlouhodobé evakuace s přemístěním obyvatel do jiných oblastí, přičemž můžeme sledovat podobná i zcela odlišná opatření, která byla použita během vyzoomění obyvatel a samotné evakuace.

Hlavním úkolem následujících oddílů a pododdílů práce bude komparace způsobů ochrany obyvatelstva při vybraných RMU s aktuálními opatřeními, která by se případně zaváděla při vzniku RMU na JE Temelín v České republice. Získané výsledky budou analyzovány a porovnány mezi sebou.

5.1 Komparace vybraných států

Vnímání ochrany obyvatelstva za vzniku radiační mimořádné události můžeme dělit podle několika aspektů. Prvním z aspektů je bezesporu aspekt politický. Pocit bezpečí, který může být zajištěn pouze bezpečnostní politikou státu, je jedním z hlavních předpokladů pro správnou funkčnost státu. Po zajištění bezpečí svých občanů je zapotřebí zajistit plnění základních potřeb občanů. Jednou z těchto základních potřeb je zajištění stabilní energetické soustavy, jelikož v dnešní době je takřka nepředstavitelné vést kvalitní život bez zajištění elektrické energie. Se stabilními dodávkami elektrické energie souvisí zajištění základních služeb pro občany, od výroby potravin, přes lékařské služby až po služby finanční. Právě zajištění služeb obyvatelům

je jedním z faktorů, který ve velké míře napomáhá stávajícímu politickému zřízení k zachování stability uvnitř státu.

V následujících třech pododdílech zhodnotíme vybrané aspekty u Sovětského svazu a Japonska. Hodnocené faktory budou poplatné době, kdy se RMU odehrála, tudíž v případě SSSR se jedná o rok 1986 a v případě Japonska o rok 2011.

5.1.1 Politické aspekty

Při zkoumání státního zřízení SSSR je zapotřebí začít již v roce 1917, kdy se ve vůdčí úloze vystřídal monarchie s totalitním zřízením. V podstatě jedno nesvobodné zřízení vystřídal druhé s tím rozdílem, že v totalitním, komunistickém zřízení začalo docházet k jevu potlačování inteligence. Vláda dělnické třídy a zavedení velmi tvrdých zákonů, které překračovaly v mnohých případech zásady lidskosti, měly za následek vytvoření atmosféry strachu. Tento strach nedovoľoval, jakkoliv vybočit z řady jednotného proudu, a tak dal příležitost ke vzniku mnoha chyb, které úzce souvisely s černobylskou havárií. Potlačení svobodného úsudku a vlastního názoru způsobil absenci svobodné diskuze a dialogu, která výrazně snižovala úroveň vzdělanosti a znalostí odborného personálu při provozování jaderných elektráren.

Na opačném pólu politického směru se nachází Japonsko, v jehož v čele stojí císař, ale není císařstvím, nýbrž konstituční monarchií (jako evropský ekvivalent můžeme použít příměr k Velké Británii), tedy můžeme hovořit o demokratickém zřízením. Japonsko se stalo symbolem země, která, ačkoliv utrpěla znatelné škody na konci druhé světové války, dosáhla světového významu, zejména díky vývoji mnohých specializovaných technologií.

5.1.2 Technologické aspekty jaderných elektráren

Jedním z nejpodstatnějších faktorů je využívání technologie jaderných elektráren, respektive jejich reaktorů. Tento faktor úměrně souvisí s ekonomickou situací. Sovětský svaz v éře studené války využíval své jaderné elektrárny ke dvěma základním účelům. Prvním z nich byla výroba elektřiny a druhým účelem byl vojenský potenciál ruských reaktorů, který při štěpné reakci vytvářel z palivových souborů štěpný materiál vhodný k vojenskému využití v jaderných zbraních. Reaktory RBMK 1000¹² svou konstrukcí dostatečně plnily svou vojenskou část, bohužel při plnění civilní části, výrobě tepelné energie potřebné k následné výrobě elektřiny vykazovaly mnoho abnormalit. Avšak

¹² Z ruského překladu реактор большой мощности канальный – kanálový reaktor velkého výkonu

vzhledem k nízkým konstrukčním nákladům byl nejhodnějším kandidátem pro typový reaktor východního bloku. U reaktorů RBMK se kritickými staly konstrukční chyby v návržení bezpečnostních a regulačních prvků, špatné bezpečnostní návyky personálu, které dne 26. 4. 1986 vedly k jaderné havárii. (world-nuclear.org; 2020)

Japonská energetická společnost TEPCO zavedla ve svých jaderných elektrárnách reaktory typu BWR. Po skončení druhé světové války Japonsko udržovalo pouze obranné vojenské složky, nemělo tedy zapotřebí produkovat jaderný materiál pro výrobu zbraní. Reaktory BWR převyšují reaktory RBMK zejména svou bezpečností a stabilitou při nižších výkonech. Hlavní konstrukční výhodou japonských reaktorů je stavební konstrukce ochranné obálky – kontejnmentu, který ruské reaktory neměly. Vzhledem k propracovanějším bezpečnostním prvkům je vyšší i konstrukční cena, která je z části kompenzována absencí sekundárního okruhu. Kritickou chybou se dne 11. 3. 2011 ukázalo nedostatečné stavební a konstrukční zabezpečení bezpečnostních systémů elektrárny před biogenními prvky, což vedlo k jaderné havárii. (world-nuclear.org; 2020)

5.1.3 Ochrana obyvatelstva

Jedním ze základních rozdílů, které úzce souvisí s ochranou obyvatelstva je politické zřízení, četnost výskytů mimořádných událostí, jak biogenního, tak antropogenního původu a kategorizace těchto možných hrozeb vybraného státu.

Sovětský svaz kategorizoval mezi nejvyšší hrozby jaderný útok vedený ze strany západních mocností (Severoatlantické organizace – NATO). Hlavním směrem ochrany obyvatelstva byly přípravy na dopady jaderné války. Vzdělávání a příprava obyvatel proto zcela odpovídala státní politice. Přiznání se k nedokonalé a nebezpečné technologii bylo v SSSR zcela nemyslitelné. Pro případ jaderné války měl SSSR připraveno 150 000 příslušníků oddílů civilní ochrany. (Reed; 2016)

Japonsko vnímalo ochranu obyvatelstva zcela odlišně. Po skončení druhé světové války, která Japonsko zcela zdecimovala, nebyly žádné tendence, či ochota zapojovat se do dalšího konfliktu. Japonsko proto založilo pouze obranné armádní složky a složky věnující se civilní ochraně. Tyto složky prokázaly svůj účel při poskytování pomoci v případě mimořádných událostí v podobě zemětřesení, či záplavových vln – cunami, které se staly nejčastějším zdrojem rizika pro japonské obyvatelstvo. Z tohoto důvodu

byla japonská ochrana obyvatelstva zaměřena především na zvládnání mimořádných událostí biogenního původu. (mod.go.jp; 2020)

5.1.4 Sumarizace aspektů

Pokud získané aspekty vyhodnotíme, získáme představu o celkovém pozadí obou jaderných havárii. V celkové sumarizaci zohledňujeme politický režim, geografickou polohu a typ reaktoru včetně hrozeb biogenní povahy (viz Tab.2).

Tab. 2 Souhrn aspektů; zdroj: Autor

	Režim	Typ reaktoru	Hrozba živelní pohromy	Poloha	Důvod havárie
SSSR	Totalitní	RBMK 1000	Nízká	Pevninský stát	Lidský faktor
Japonsko	Demokratický	BWR	Velmi vysoká	Ostrovní stát	Lidský faktor

Totalitní Sovětský svaz dovedl svou jadernou elektrárnu Černobyl, s levnějším reaktorem RBMK 1000, k havárii zásluhou působení lidského faktoru, který byl způsoben zmiňovaným totalitním režimem, jehož státní aparát utajoval a cenzuroval technické a konstrukční informace nejen v oblasti jaderné energetiky. Přístup vedení elektrárny (zejména ze strany ředitele elektrárny a směnového inženýra, kteří trvali na splnění testu za každou cenu¹³), čímž v kombinaci s předchozím způsobili jadernou havárii.

Demokratické Japonsko, které je svou polohou vystaveno zvýšené hrozbě biogenních událostí, netrvalo na doporučení, které dostala společnost TEPCO od mezinárodní organizace WANO ohledně možnosti ohrožení svých jaderných elektráren. Dodatečná konstrukční a stavební opatření, která vyžadovala nemalé finanční zdroje, byla z pohledu provozovatele nerentabilní z důvodu stáří elektrárny, a proto nebyly dodatečné úpravy provedeny. Tímto rozhodnutím TEPCO nemalou měrou přispělo k rozvoji mimořádné události v jadernou havárii.

Můžeme tedy prohlásit, že v obou případech šlo o jadernou havárii způsobenou lidským faktorem.

¹³ Honba za kariérami a finančními odměnami byla běžným stavem v SSSR

Z hlediska ochrany obyvatelstva oba státy kategorizovaly jako hlavní zdroj rizika pro obyvatelstvo zcela jinou událost. Hrozba jaderné války a hrozba živelních pohrom nasměrovaly vývoj ochrany obyvatelstva směrem, který se vzdaloval od hrozby v podobě RMU.

5.2 Opatření ochrany obyvatelstva během černobylské havárie

Totalitní politické zřízení Sovětského svazu, řízeného centrálně, nedovolovalo volný přístup k důležitým informacím, které se týkaly jaderné bezpečnosti a samotné technologie, kterou sovětské jaderné elektrárny využívaly. Z těchto důvodů nebylo obyvatelstvo nikterak připraveno ani obeznámeno s postupy a chováním během RMU.

5.2.1 Sled událostí vedoucích k havárii

Začátek událostí vedoucích k havárii černobylského reaktoru můžeme stanovit na den 25. dubna 1986, kdy se vydal příkaz ke splnění testu a zahájilo se snižování výkonu reaktoru. Průběh následných událostí byl tento (**tučně psané události** označují kritické kroky, které přímo souvisí s havárií):

- 25. 4. 1986 13:05 hod. – výkon snížen na 50 % - odstaven první turbogenerátor
- Současně s odpojením turbogenerátoru bylo **odpojeno havarijní chlazení**
- Cca ve 14:00 hod. zpráva z energetického dispečinku – zastavit snižování výkonu
- 25. 4. 1986 23:10 hod. – zahájeno další snižování výkonu
- **Chybou operátora téměř zastavena štěpná reakce**
- **Nárůst koncentrace $^{135}\text{Xe}^{14}$ v reaktoru RBMK – xenonová otrava**
- 26. 4. 1986 v 00:53 hod. reaktor na stabilizovaném výkonu
- Došlo k poklesu tlaku páry – **operátor odstavuje havarijní ochranu** – nedojde k automatickému odstavení reaktoru
- Reaktor připojen pouze k jednomu turbogenerátoru
- 26. 4. 1986 v 01:22 hod. – **v aktivní zóně je necelá ½ regulačních tyčí**
- Operátor čerpadel připojil dvě záložní cirkulační čerpadla kvůli lepšímu chlazení – **zvýšení chlazení aktivní zóny**

¹⁴ ^{135}Xe je výborný v absorpci neutronů, které se podílí na štěpné reakci, tím dochází k poklesu štěpné reakce a tzv. vyhasnutí reaktoru

- Na snížení teploty a tlaku regulační systém reagoval **vytažením dalších regulačních tyčí – v aktivní zóně zbývá pouhých 6 regulačních tyčí**
- 26. 4. 1986 v 01:23 hod. **operátoři blokovali havarijní signál**, který by odstavil reaktor – zahájení samotného testu
- Prudký nárůst výkonu reaktoru z 200 MWt na 1 600 MWt
- Došlo k varu a odpaření chladiva – destrukce pokrytí paliva
- 26. 4. 1986 v 01:23:40 hod. – **operátoři odstavili reaktor pomocí tlačítka havarijního odstavení**¹⁵
- 26. 4. 1986 v 01:23:50 hod. – bleskový nárůst výkonu reaktoru následovaný dvěma detonacemi – jaderná havárie 4. reaktorového bloku (SÚJB; 1996)

5.2.2 První reakce záchranných sborů

Dvě minuty po výbuchu (v 01:26 hod.) na reaktorovém bloku číslo 4 dorazila na místo požární jednotka černobylské elektrárny. Příslušníci této jednotky okamžitě začali hasit požáry, které vznikly v důsledku explozí. V 01:35 hod. došla na místo nehody vojenská požární jednotka z města Pripjať. Příslušníci těchto požárních jednotek nebyli vybaveni osobními dozimetry, proto neměli sebemenší tušení, že jsou vystaveni vysokým dávkám radiace. V 02:10 hod. se podařilo lokalizovat a uhasit oheň v turbínové hale. Kolem šesté hodiny ranní přijela na místo havárie armádní chemická brigáda vybavená dozimetry, která získala jako první reálné hodnoty radiace. V 06:35 hod. se podařilo uhasit i zbývající požáry. Ačkoliv požární oddíly nasadily veškeré dostupné prostředky, včetně osobní odvahy, jejich zásah způsobil další rozšíření kontaminace, jelikož nebyli seznámeni s vlastnostmi jaderné technologie a způsoby zdolávání tohoto typu požáru (vše v důsledku utajování informací) došlo pouze k hašení otevřené aktivní zóny vodou, která se okamžitě rozložila na vodík a kyslík a došlo k několika dalším výbuchům, které rozmetaly kontaminované trosky a radioaktivní části reaktoru do okolí. (chernobylwel.com; 2020)

5.2.3 Varování a evakuace obyvatel města Pripjať

Město Pripjať bylo nově vybudovaným městem pro konstruktéry a operátory jaderné elektrárny V. I. Lenina – Černobyl a jejich rodiny. Nachází se 3,5 km od

¹⁵ V černobylské elektrárně se jednalo o tlačítko s označením AZ-5, které mělo za úkol okamžitě odstavení reaktoru. Konstrukční chyba samotných regulačních tyčí, jejichž konce byly zhotoveny z grafitu zapůsobily opačně a do reaktoru vnesly další reaktivitu, která způsobila destrukci

samotné elektrárny. K osudnému dni 26. 4. 1986 zde žilo na 50 000 obyvatel. Úřady, které měly ve své kompetenci zvládnání černobylské jaderné havárie nijak nevarovaly obyvatele žijící v blízkosti elektrárny. Ačkoliv ředitel elektrárny, na doporučení havarijní komise, žádal Moskvu o zahájení evakuace města, nebylo mu toto umožněno. Bohužel byl to sám ředitel elektrárny, který zároveň sdělil úřadům do Moskvy, že škody jsou minimální. Tímto protimluvem sám zpečetil osud města Pripjat', kdy evakuace byla zamítnuta z důvodu zabránění vzniku paniky. (Medvedev; 1989)

Město Pripjat' bylo sídelním místem především zaměstnanců JE, tedy lidí znalých oboru jaderné energetiky, a proto bylo jasné, že zvěsti o havárii se začnou rychle šířit mezi obyvatelstvem města. Do večera 26. 4. vědělo o události celé město. Sice se nehovořilo o rozsahu havárie, leč povědomí existovalo. Alexijevičová Světlana ve své knize *Voices of Chernobyl* vzpomíná skrze očitě svědky na neznámou záři stoupající z dotčeného reaktoru. Výborné počasí, které panovalo v den havárie, uchránilo obyvatele Pripjati před nebezpečným radioaktivním spadem, který byl odnesen prouděním vzduchu mimo oblast města. (Leatherbarrow; 2016)

K zabránění rozšíření paniky mimo město Pripjat' bylo vyčleněno na 16 500 policistů a příslušníků milice, kteří měli za úkol zabránit ve vstupu, ale i odchodu obyvatel z města. Tito příslušníci bezpečnostních sborů nebyli nijak obeznámeni se situací, ani nebyli vybaveni ochrannými pomůckami. (zpravodajstvi.ecn.cz; 2020)

Teprve na naléhání ředitele Kurčatovova institutu bylo přistoupeno k evakuaci města. Předseda havarijní komise, který měl pravomoc vyhlásit evakuaci, nedal na doporučení odborníků, kteří požadovali okamžitou a povinnou evakuaci a určil 10 km evakuační oblast kolem elektrárny s tím, že evakuace začne následující den. Toto rozhodnutí bylo podloženo názorem, že je zapotřebí evakuaci koordinovat a provést řízeně, jelikož samovolná evakuace obyvatel by způsobila dopravní kolaps a rozšíření paniky. Přes noc z 26. na 27. 4. 1986 dorazil do uzavřené zóny konvoj 1 100 autobusů z Kyjeva, které měly evakuovat obyvatele Pripjati. Společně s rozhodnutím o evakuaci vstoupilo v platnost i nařízení o zákazu soukromého vlastnictví dozimetrických přístrojů¹⁶. (Leatherbarrow; 2016)

¹⁶ Do konce roku 1988 bylo soukromé vlastnictví, či držení dozimetrických přístrojů na území SSSR trestným činem.

První oficiální varování obyvatel města proběhlo dne 27. 4. 1986 v ranních hodinách, kdy automobily s ampliony vysílaly hlášení následujícího znění: „*Pozor, pozor! Pozor, pozor! Vážení soudruzi, městská rada oznamuje, že v souvislosti s havárií v Černobylské jaderné elektrárně došlo k nepříznivé radiační situaci. Stranické i vládní orgány a armáda podnikají nezbytná opatření. Vzhledem k zajištění naprosté bezpečnosti obyvatel, především dětí, je ale nutná dočasná evakuace...*“ hlášení pokračovalo ve smyslu informačních sdělení ohledně času evakuace, která byla stanovena na 14. hodinu. Evakuace celého města trvala pouhé 2 hodiny. Do tohoto momentu nebyl nikomu z dotčené oblasti podán stabilní jód. (Leatherbarrow; 2016)

Po evakuaci všech obyvatel z Pripjati byla dne 3. 5. 1986 nařízena dozimetrická kontrola okolí města, jejíž výsledky překonaly předpokládané hodnoty, a proto bylo zavedeno rozšíření stávající 10km zóny na 30 km zónu. Tímto rozšířením zóny došlo k faktu, kdy se již jednou evakuovaní obyvatelé zóny museli evakuovat podruhé. Celkem bylo evakuováno 116 000 obyvatel. (Leatherbarrow; 2016)

5.3 Opatření ochrany obyvatelstva během fukušimské havárie

Demokratické politické zřízení Japonska, řízeného decentralizovaně, dovolovalo volný přístup k důležitým informacím, které se týkaly jaderné bezpečnosti a samotné technologie, kterou japonské jaderné elektrárny využívaly. Japonsko, které se každoročně potýká s výskytem zemětřesení, připravuje své obyvatele průběžně na mimořádné události. V případě RMU však došlo k pochybení a nedostatečnému zpracování havarijních plánů, jelikož k RMU nedochází v Japonsku tak často, jako k biogenním jevům.

5.3.1 Sled událostí vedoucích k havárii

V případě fukušimské jaderné havárie došlo ke kombinaci působení jak antropogenních, tak biogenních účinků. Japonsko, které se nachází na pomezí tektonických desek se setkává velmi často se zemětřeseními, na které je velmi dobře připraveno, jak po konstrukční stránce, tak i po stránce ochrany obyvatelstva. Dne 11. 3. 2011 však Japonsko zasáhlo zemětřesení o síle 9 stupňů Richterovy škály. (national-geographic.cz; 2020)

V den havárie byly v provozu v elektrárně Fukušima – Daiči tři z celkových šesti reaktorů. Na zbylých třech reaktorech probíhala plánovaná odstávka pro výměnu paliva.

Sled událostí, které vedly k havárii jaderné elektrárny Fukušima – Daiči byl následující (**tučně zvýrazněný text** označuje kritické události):

- 11. 3. 2011 ve 14:46 hod. zasáhlo Japonsko **zemětřesení o síle 9 stupňů RichtEROVY ŠKÁLY**¹⁷
- Seismická čidla jaderných elektráren vyslala signál do systému řízení a reaktory byly automaticky odstaveny¹⁸
- Došlo k **porušení kritické infrastruktury**, jaderná elektrárna Fukušima přišla o systém vlastního napájení – aktivovaly se nouzové diesel-generátory
- v 15:00 hod. byla vyhlášena samovolná evakuace obyvatel z přímořských oblastí před hrozcí vlnou tsunami
- v 15:27 hod. **vlna** tsunami zasáhla fukušimskou elektrárnu a **zaplavila**¹⁹ **systemy havarijního dochlazování a nouzové diesel-generátory**²⁰
- Dochlazování aktivní zóny 1. bloku zajišťovala pouze přirozená cirkulace chladiva, na 2. a 3. bloku fungovalo vysokotlaké napájení (poháněno zbytkovou parou)
- v 16:27 hod. došlo k nedostatku páry a na **1. a 2. bloku se přestala chladit aktivní zóna** – začátek tavení paliva v reaktoru 1. bloku
- v 16:46 hod. společnost TEPCO informovala japonskou vládu o havarijním stavu na fukušimské elektrárně
- v 19:03 hod. vyhlášen stav jaderného nebezpečí v okolí elektrárny
- ve 20:50 hod. zahájena evakuace obyvatel z oblasti 2 km od elektrárny
- ve 21:23 hod. vyhlášena evakuační zóna o poloměru 3 km od elektrárny
- 12. 3. 2011 v 05:44 hod. vyhlášena 10 km evakuační zóna
- v 7:00 hod. nárůst tlaku uvnitř kontejnmentu na 1. bloku – **zahájeno odvětrávání kontejnmentu** (první únik radioaktivních látek do životního prostředí)

¹⁷ Japonské jaderné elektrárny (Fukušima – Daiči) byly konstruovány na zemětřesení o maximální síle 8,2 RichtEROVY ŠKÁLY

¹⁸ Odstavený reaktor neprodukuje tepelnou energii, ale je zapotřebí neustále dochlazovat aktivní zónu

¹⁹ Hladina vody dosahovala výšky 4-6 m uvnitř elektrárny

²⁰ Fukušimská elektrárna disponovala ochrannými vlnolamy, které po revizi v roce 2002 měly zabránit přílivové vlně do výšky 5,7 m. Vlna 11. 3. 2011 dosáhla výšky 14-15 m.

- v 15:36 hod. došlo k **explozi nahromaděného vodíku**, která poškodila horní část kontejnmentu 1. bloku a odhalila bazén pro skladování vyhořelého paliva
- ve 20:00 hod. zahájeno chlazení aktivní zóny 1. bloku mořskou vodou pomocí vysokotlakých hasičských čerpadel
- Vyhlášena 20 km evakuační zóna
- 13. 3. 2011 zahájeno snižování tlaku v kontejnmentu 2. bloku, na 3. bloku došlo k selhání vstřikování vody do aktivní zóny
- 14. 3. 2011 v 11:01 hod. došlo k **vodíkové explozi 3. bloku** a tím k porušení kontejnmentu a odhalení bazénu s vyhořelým palivem – zahájeno chlazení mořskou vodou
- 15. 3. 2011 v 06:00 hod. došlo k **vodíkové explozi na 2. bloku**, kontejnment odolal výbuchu
- 17. 3. 2011 povolány obranné síly Japonska a zahájeno sprchování havarovaných bloků pomocí helikoptér
- 22. 3. 2011 obnoveno napájení chladicí vodou pomocí externích zdrojů
- 25. 3. 2011 zahájeno chlazení reaktorů 1. a 3. bloku sladkou vodou s příměsí bóru²¹ - zamezeno dalšímu rozvoji jaderné havárie (sujb.cz; 2020, Wagner; 2015)

5.3.2 Průběh likvidace havárie

Průběh likvidace zhodnotila a zpracovala nezávislá vyšetřovací komise pro vyšetřování jaderné havárie ve Fukušimě – Nuclear Accident Independent Investigation Commission (dále „NAIIC“).

V momentě vzniku jaderné havárie došlo ke změně kompetencí orgánů činných v krizovém řízení v případě jaderné havárie. Státní dozor pro jadernou a průmyslovou bezpečnost – Nuclear and Industrial Safety Agency (dále „NISA“) byl obejit vládou Japonska, která sebe samotnou jmenovala do úlohy hlavního koordinátora záchranných a likvidačních prací. Tímto krokem byla významně snížena operativnost všech zasahujících složek, které doposud řídil z místa havárie havarijní štáb složený z odborníků společnosti TEPCO a NISA. Tímto krokem se také výrazně zhoršila koordinace a komunikace se složkami z oblasti ochrany obyvatelstva. Dalším z orgánů,

²¹ Bór je v jaderné energetice využíván jako absorbátor neutronů, čímž snižuje schopnost a účinnost štěpné reakce

který se do řešení krizové situace vmísil byl Ústřední krizový štáb na vládní úrovni (dále „KANTEI“) s premiérem Japonska v čele. (NAIIC; 2012)

Společnost TEPCO postupovala dle předpisů, když informovala NISA o vzniku havarijního stavu. NISA měla za úkol předat informace dále KANTEI. Tento krok nebyl dodržen a na základě tohoto pochybení ze strany NISA došlo ke ztrátě důvěry KANTEI ve společnost TEPCO, proto se premiér Japonska přesunul do lokality havárie, kde sám koordinoval záchranné a likvidační práce. Tímto krokem narušil veškeré probíhající záchranné a likvidační práce. (NAIIC; 2012)

5.3.3 Varování a evakuace obyvatel z ohrožené oblasti

Podle zkoumání NAIIC došlo v oblasti havarijního plánování a opatření ochrany obyvatel k závažným pochybením. Prvním z pochybení bylo nedostatečné a podceněné zpracování havarijních plánů ze strany státu. Varování obyvatel, v případě jaderné havárie ve Fukušimě, proběhlo ještě před samotnou havárií dne 11. 3. 2011 v 19:03 hod. Samotnému varování před radiační havárií předcházelo varování o blížící se záplavové vlně tsunami. Ve 20:50 hod. byla zahájena první evakuační opatření. Mezi prvními evakuovanými byli obyvatelé z oblasti dvoukilometrové zóny vzdálené od elektrárny. Po půl hodině, ve 21:13 hod. od zahájení evakuace byla zóna rozšířena na 3 km. Vyšetřování ukázalo, že nedostatečná informovanost obyvatel způsobila, že pouze 20 % obyvatel bylo připraveno k evakuaci. Zbývajících 80 % o probíhající havárii nic nevědělo. Během 24 hodin byla evakuační zóna rozšířena z 2 km na 3 km, a nakonec na okruh o poloměru 20 km. (NAIIC; 2012, subj.cz; 2020)

Postupné rozšiřování zóny způsobilo značné zmatky pro záchranné oddíly, které koordinaci evakuace zajišťovaly. Při evakuaci obyvatel z města Namie došlo k jevu, kdy se evakuovaní obyvatelé museli evakuovat vícekrát než jednou, jelikož evakuační místa byla postupně zahrnuta do havarijní zóny. Trestuhodnou událostí bylo neinformování a neposkytnutí jodové profylaxe evakuovaným obyvatelům, kteří na základě chaotické evakuace byli vystaveni účinkům radioaktivního jódu. Japonská vláda dodala na 230 000 tablet jodidu draselného do evakuačních center v průběhu několika dnů po havárii. (NAIIC; 2013, Wagner; 2015)

Paradoxně mnoho obyvatel dotčených regionů bylo evakuováno do míst s vyšším dávkovým příkonem, než byl v místech jejich původního bydliště. Evakuace se dotkla 150 000 osob. (NAIIC; 2013)

Nejkontroverznější událostí evakuace se stal případ evakuace 800 pacientů z léčeben pro dlouhodobě nemocné, kteří se nacházeli v 10 km havarijní zóně. V prvních dnech evakuace nebylo v silách záchranných oddílů evakuovat takový počet pacientů; evakuace proběhla až 14. 3. 2011, tj. 3 dny po zahájení první evakuace. Nedostatek zdravotnického personálu, chaotičnost samotné evakuace a nevhodné transportní prostředky vedly k úmrtí 60 pacientů. Následná evakuace obdobných zařízení již proběhla s plným zdravotnickým zajištěním a nedošlo k dalším úmrtím. (Wagner; 2015)

V případě zhoršení radiační situace byla naplánována 30km evakuační zóna, kde byla vyhlášena tzv. dobrovolná evakuace²² s podmínkou, že všichni obyvatelé budou připraveni na možnost vyhlášení evakuace. (Wagner; 2015)

Komise NAIIC ve své zprávě vznesla obvinění proti společnosti TEPCO a státnímu dozoru NISA ve věci, kdy prokazatelně daly přednost v řešení vlastní krizové situace, před ochranou obyvatelstva dotčené oblasti. (NAIIC; 2013)

5.4 Komparace ochrany obyvatelstva u vybraných případů

Pro přehledné porovnání postupů při zajištění ochrany obyvatelstva stanovíme klíčové hodnotící znaky. Těmito znaky budou:

- Včasné varování obyvatelstva – A
- Účinnost varování – B
- Výzva k ukrytí obyvatelstva – C
- Dostupnost jodové profylaxe – D
- Včasné podání jodové profylaxe – E
- Včasná evakuace – F
- Nouzové přežití obyvatelstva – G

Pro přehlednější komparaci zvolíme zanesení výsledků do tabulky (viz Tab. 3) pomocí číselných hodnot, přičemž: 0 – nezavedené opatření; 1 – nesprávně/neúčinně zavedené opatření; 2 správně zavedené opatření.

²² Japonská vláda nechala na uvážení každého obyvatele, zdali se rozhodne opustit oblast, či nikoliv.

Tab. 3 Porovnání výsledků; zdroj: Autor

	A	B	C	D	E	F	G
Černobyl	0	0	0	0	0	1	2
Fukušima	2	1	1	0	0	1	2

Komparací získaných výsledků můžeme stanovit následující závěry:

1. Politické zřízení ve vybrané zemi úzce souvisí s metodami a opatřeními pro ochranu obyvatelstva.
2. V případě vzniku mimořádné události, kdy je zapotřebí provedení úplné evakuace vymezené oblasti, je snazší pro stát s totalitním státním zřízením.
3. Operativní činnosti během RMU by měli koordinovat odborníci, popřípadě lidé s vysokou znalostí dané problematiky.
4. Politické vměšování do činností spojených s ochranou obyvatel snižuje efektivnost a rychlost zaváděných opatření.
5. Kvalitně zpracované havarijní plány a dostatečná informovanost obyvatel zaručují vyšší úspěšnost během mimořádné události.

Vysvětlení závěrů:

Ad 1. Během porovnávání zavedených opatření u jaderných havárií v SSSR a Japonsku bylo patrné, že SSSR vzhledem ke své politice zatajování a zamlčování nerefletoval na potřeby jaderné bezpečnosti, kdy před ochranu obyvatelstva kladl národní a nadnárodní zájem v podobě bezchybnosti SSSR a potažmo východního bloku před „kapitalistickým“ blokem západním. Japonský přístup k ochraně obyvatelstva byl diametrálně odlišný od SSSR, což se projevilo i v oblasti opatření vedoucích k ochraně obyvatelstva, kde ústřední orgány vyhlásily evakuaci obyvatel několik hodin po vzniku RMU.

Ad 2. Strach mezi obyvatelstvem v SSSR, který byl vyvolaný během celé existence státu, se stal součástí národní kultury, proto při nařízení evakuace panoval větší strach z možných následků při neuposlechnutí příkazu než obavy ze ztráty domova. V případě demokratického Japonska bylo zapotřebí obyvatele v některých případech odvést násilím.

Ad 3. Jak v SSSR, tak Japonsku nebyli přední vědci upřednostněni před politickou silou, proto některá opatření byla zavedena později, ačkoliv jejich spěšnost byla daleko vyšší, než si politická síla dokázala představit.

Ad 4. Jak v případě SSSR, tak v případě Japonska nabyli vrcholní politici pocitu, že oni sami vyřeší nastalou situaci nejlépe. V případě SSSR došlo k oddálení nutné evakuace a zamlčování následků, což mělo za následek vystavení obyvatelstva vysokým dávkám radiace a kontaminace. V případě Japonska přispělo politické vměšování k narušení koordinace záchranných prací a zpomalení rozhodování v kritických momentech.

Ad 5. Jak v případě SSSR, tak v případě Japonska došlo k podcenění havarijního plánování. Z pohledu SSSR a celé tamní kultury nehrozila žádná významná havárie, která by byla takového rozsahu, proto veškeré plánování probíhalo operativně, až po vzniku havárie. V případě Japonska stála na vině nedůslednost státních dozorových orgánů, které havarijnímu plánování nekladly takovou důležitost.

Ačkoliv celý svět po černobylské havárii začal vnímat důležitost havarijního plánování u jaderných zařízení a v důsledku havárie došlo k založení Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni a organizaci spojující provozovatele jaderných zařízení WANO v Moskvě, došlo v případě fukušimské havárie k zopakování chyb, které provázely černobylskou havárii. Hlavní pojítko obou havárií je možno spatřovat v nedostatečném zajištění ochrany obyvatel, zejména z hlediska absence jódové profylaxe a chaotické, či pozdní evakuaci obyvatel.

5.5 Vývoj ochrany obyvatelstva při RMU v ČR

Česká, potažmo Československá republika od svého vzniku v roce 1918 usilovně pracovala na důsledném zpracování plánů civilní obrany²³. Prvotním účelem byla ochrana obyvatelstva před válečnými útrapami, zejména v podobě náletů a plynových útoků směřovaných na civilní obyvatelstvo. Výrazná změna nastala s ukončením druhé světové války a rozdělením světa na západní a východní blok. Strach z jaderného zbrojení vyvolával permanentní pocit ohrožení, proti kterému bylo zapotřebí zavést nové postupy. Po ukončení studené války v roce 1989²⁴ se začala civilní obrana transformovat do civilní ochrany a následné ochrany obyvatelstva, jejíž dnešním

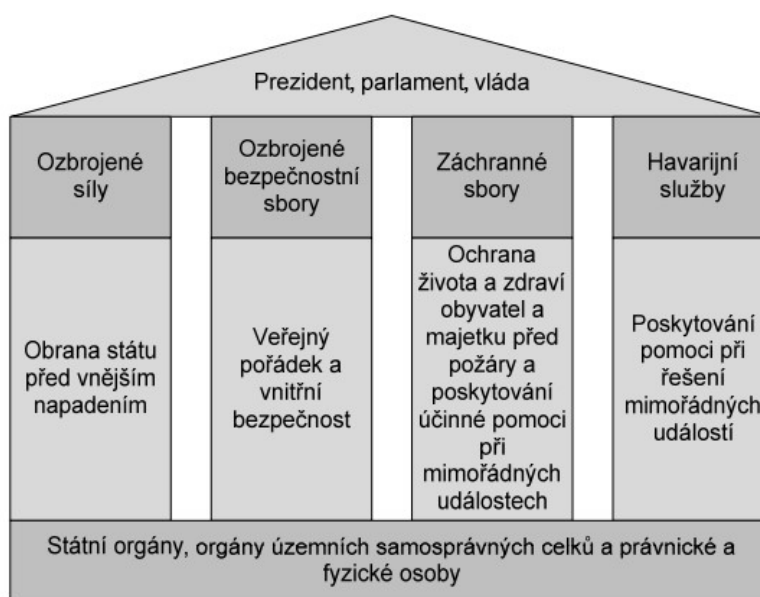
²³ Civilní obrana byla ekvivalentem dnešního pojmu ochrany obyvatelstva.

²⁴ Datováno dle pádu Berlínské zdi

úkolem je chránit obyvatelstvo před mimořádnými událostmi, které vznikají na základě biogenního a antropogenního působení. (Čermák; 1958, Kratochvílová; 2013)

5.5.1 Současný stav ochrany obyvatelstva v ČR

V současné době je ochrana obyvatelstva v ČR zajišťována na základě dokumentu: Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030. Jedná se o dokument popisující základní principy ochrany obyvatelstva a definující nástroje a prostředky, jimiž je ochrana obyvatelstva v ČR zajišťována. Je zde definován bezpečnostní systém státu a jeho struktura (viz obr. 1). (MV GŘ HZS ČR; 2013)



Obr. 1 Bezpečnostní systém ČR, zdroj: MV – GŘ HZS ČR; 2013

Vedle záchranných a bezpečnostních složek je v koncepci ochrany obyvatelstva definováno nutné zapojení všech subjektů, které mohou svou činností ochranu obyvatelstva podpořit. Do této oblasti můžeme zahrnout i provozovatele jaderných zařízení IV. kategorie. (MV – GŘ HZS ČR; 2013)

Jaderná energetika a samotné provozování jaderných zařízení IV. kategorie v České republice patří k nejvíce sledovaným průmyslovým odvětvím. Státní úřad pro jadernou bezpečnost společně s provozovatelem jaderných elektráren ČEZ a.s. úzce spolupracují a podílí se na utváření provozní dokumentace, stanovování podmínek bezpečného provozování obou jaderných elektráren i na podmínkách vzdělání operativního personálu.

Nedílnou součástí ochrany obyvatelstva je soustavné informování obyvatel zóny havarijního plánování o způsobech varování, neodkladných opatřeních a způsobech, jak sami obyvatelé mohou minimalizovat své ohrožení a současné vybavování obyvatel ZHP tabletami jódové profylaxe. Jejich distribuci a obměnu před expirační dobou taktéž zajišťuje společnost ČEZ a.s. K účelu zvyšování informovanosti obyvatelstva v ZHP vydává společnost ČEZ a.s. každé dva roky kalendář, určený obyvatelům ZHP, kde jsou uvedeny základní informace, jak si počínat při RMU. Další formou jsou informační letáky, které taktéž vydává společnost ČEZ a.s.

Dle zákona č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), ve znění pozdějších předpisů, má být oblast ochrany obyvatelstva součástí rámcových vzdělávacích dokumentů pro předškolní, základní a střední vzdělávání. V současné době chybí dostatek odborně vzdělaných učitelů, či lektorů v oblasti ochrany obyvatelstva, včetně absence ucelených studijních materiálů. (MV GŘ HZS ČR; 2013)

Pokud se zaměříme na jednotlivé stupně vzdělávání získáme následující data:

Předškolní vzdělávání – chybí metodický materiál pro učitele, nedostatek kurzů pro učitele, nedostatečné učební pomůcky

Základní vzdělávání – zpracována metodika pro učitele²⁵, učitelé vzdělávání pomocí kurzů, které pořádá HZS ČR, dostatek a rozmanitost učebních pomůcek

Střední vzdělávání – chybí metodický materiál pro učitele, nedostatek kurzů pro učitele, nedostatečné učební pomůcky (MV GŘ HZS ČR; 2013)

Pokud vezmeme v úvahu, že rámcová výuka probíhá „dostatečně“ pouze na úrovni základního vzdělání tedy mezi žáky ve věkovém rozmezí 6–15 let věku, nemůžeme hovořit o dostatečném vzdělávání dětí a mládeže v této oblasti. Ovšem tuto skutečnost nemůžeme dávat za vinu samotným učitelům, či školským zařízením. Pokud je zapotřebí předat informace v požadované míře žákům a tím zajistit kontinuitu ve znalostech obyvatel v oblasti ochrany obyvatelstva při MU, musí se upravit celkový program vzdělávání na všech úrovních.

²⁵ Podklady k výuce témat ochrany člověka za běžných rizik a mimořádných událostí v základních školách.

Ministerstvo obrany ČR se snaží tuto vědomostní mezeru vyplnit pomocí školení s názvem POKOS – jedná se o akronym Přípravy občanů k obraně státu. Školení POKOS se opírá o zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany ČR, ve znění pozdějších předpisů. Součástí těchto školení jsou i základní postupy při vyhlášení RMU, které se tak opět dostávají do povědomí obyvatel ČR. (pokos.army.cz; 2020)

Abych podpořil předchozí tvrzení, získal jsem na základě vlastního doplňkového výzkumu, kdy jsem formou internetového dotazníku získal odpověď od 100 osob z uzavřené skupiny na sociální síti, starších 18 let, následující informace ohledně znalostí v oblasti chování při RMU. Dotazník je uvedena v Příloze A.

Ze 100 oslovených respondentů odpovědělo v dotazníku „Chování obyvatel při vyhlášení radiační havárie“ následovně:

- 1) Všeobecná výstraha se v České republice vyhláší pomocí "sirén" a vypadá následovně:
 - a) 100 sekund trvající nepřerušovaný tón
 - b) 140 sekund trvající kolísavý tón**
 - c) 180 sekund trvající přerušovaný tón

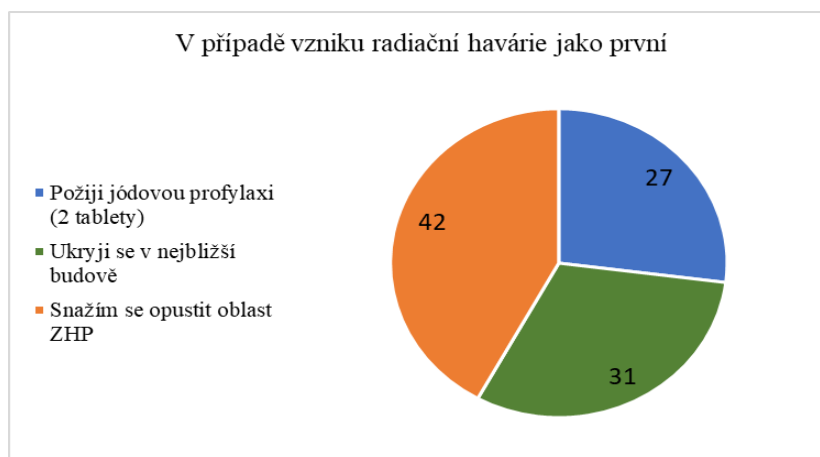


Graf 1 Forma vyhlášení Všeobecné výstrahy v ČR, zdroj: vlastní výzkum

Z grafu pro otázku č. 1 zjišťujeme, že správnou odpověď, tedy odpověď b) ze 100 respondentů zvolilo 54, tj. 54 % všech tázaných. 46 % tázaných odpovědělo chybně.

2) V případě vzniku radiační havárie jako první:

- a) Požiji jódovou profylaxi (2 tablety)
- b) Ukryji se v nejbližší budově**
- c) Snažím se opustit ohroženou oblast



Graf 2 Individuální ochrana při RMU, zdroj: vlastní výzkum

Z grafu pro druhou otázku vyplývá fakt, že ze 100 respondentů, by správný postup zvolilo 31 tázaných, což činí 31 % všech tázaných k 69 % špatných odpovědí.

3) Kdy lze požit jódovou profylaxi?

- a) Ihned po vzniku radiační havárie
- b) Do 24 hodin po vzniku radiační havárie
- c) Na pokyn odpovědných orgánů**

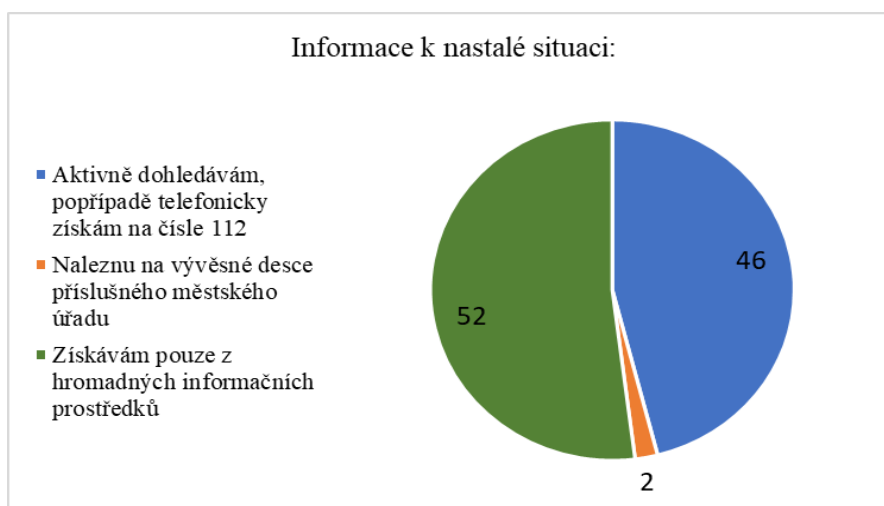


Graf 3 Jódová profylaxe, zdroj: vlastní výzkum

V oblasti informací o správném požití jódové profylaxe vyplývá z grafu 3, že správnou odpověď zvolilo 21 ze 100 dotázaných, což činí poměr 21 % správných odpovědí k 79 % nesprávných odpovědí.

4) Informace k nastalé situaci:

- a) aktivně dohledávám, popřípadě telefonicky získám na čísle 112
- b) naleznou na vývěsné desce příslušného městského úřadu
- c) **získávám pouze z hromadných informačních prostředků**



Graf 4 Získávání informací během RMU, zdroj: vlastní výzkum

Při získávání informací během RMU by správný postup ze 100 dotázaných zvolilo 52 osob. V případě této otázky je poměr správných a špatných odpovědí téměř vyrovnaný v poměru 52 % správných ke 48 % špatných odpovědí.

5.5.2 Shrnutí výsledků dotazníkového šetření

Ze získaných výsledků dílčího výzkumu vyplývá fakt, že v ČR velmi chybí soustavná informovanost obyvatel pro případ vzniku RMU. Samotný způsob současného informování obyvatel v oblasti chování při MU není důsledný a nedokáže efektivně zasáhnout větší skupinu obyvatel starších 18let.

Odpovědi na otázku č. 1 s názvem Všeobecná výstraha se v České republice vyhláší pomocí "sirén" a vypadá následovně jsou kritické, jelikož znalost jediného signálu určeného pro obyvatelstvo při vzniku MU – všeobecné výstrahy, může přispět k minimalizaci ztrát na zdraví, životech a majetku obyvatel. Výsledek dotazníkového šetření odhalil, že pouze 54 % tázaných znalo správnou odpověď, což je v případě ochrany obyvatelstva alarmující zjištění.

U zbývajících otázek se dozvídáme, že obyvatelé nejsou dostatečně seznámeni s postupy při vzniku RMU. V případě otázky č. 2 by se 42 % dotázaných snažilo opustit

ZHP a 27 % dotázaných svévolně požilo tablety jódové profylaxe. Což v součtu představuje 69 % chybných odpovědí, vůči 31 % správných odpovědí. Otázka č. 3 pak úzce koresponduje s předchozí otázkou, jelikož se zabývá problematikou jódové profylaxe. V tomto případě by správně, tedy po vydání příkazu odpovědnými orgány, požilo tablety jódové profylaxe 21 % dotázaných.

V otázce získávání dalších informací k nastalé události zvolilo správnou odpověď 52 % dotázaných. Alarmujícím zjištěním je druhá nejčastěji zastoupená odpověď. 46 % dotázaných by informace zjišťovalo aktivně, zejména na lince tísňového volání čísla 112.

5.6 Havarijní cvičení ZÓNA

Principem cvičení ZÓNA je prověření účinnosti a relevantnosti ochranných opatření a součinnost jednotlivých složek IZS. Cvičení probíhá na úrovni krizových a havarijních štábů. (sujb.cz; 2020)

Cvičení Zóna je zahájeno vyhlášením radiační mimořádné události na JE Temelín, tuto skutečnost oznamuje směnový inženýr JE Temelín na Styčné místo ČR, které zřizuje SÚJB a slouží primárně pro předávání informací v případě vzniku, či podezření na vznik RMU. V tomto momentě prvního ohlášení dojde i ke specifikaci vzniklé RMU²⁶. (sujb.cz; 2020)

5.6.1 Cvičení ZÓNA 2015 v komparaci s RMU na JE Fukušima – Daiči

V roce 2015 se konalo cvičení ZÓNA 2015, které mělo reflektovat na události z roku 2011 ve Fukušimě. Scénář cvičení vycházející z událostí v Japonsku bylo nutné upravit pro podmínky pravděpodobné v České republice. Musel být zaměněn původce RMU, jelikož pravděpodobnost vzniku záplavové vlny o výšce nad 10 metrů je takřka nulová, proto bylo vybráno pravděpodobnější působení povětrnostních vlivů o síle tornáda²⁷. Cvičení ZÓNA 2015 prověřilo nejen personál jaderné elektrárny Temelín, ale i HZS ČR, Policii ČR, Armádu ČR a ZZS JčK. Právě tyto složky IZS měly klíčovou úlohu v ochraně obyvatelstva při zajišťování evakuace a nouzového přežití a zásobování obyvatelstva.

²⁶ Například v roce 2019 při cvičení Zóna 2019 se jednalo o RMU, kdy jaderná elektrárna Temelín ztratila systém vlastního napájení a došlo k mezi-okruhové netěsnosti, která měla důsledek ve ztrátě chladiwa primárního okruhu a poškození reaktoru prvního bloku.

²⁷ Tornádo – silně rotující vítr o rychlosti mezi 180 – 360 km/h. (meteocentrum.cz; 2020)

Samotné cvičení bylo zahájeno v ranních hodinách dne 22. září 2015. Pro přehledné porovnání zvládnutí RMU jak v případě JE Fukušima, tak v případě cvičení ZÓNA 2015 sestavíme události chronologicky do tabulky (viz tab. 4), kde číslo 0 představuje moment vzniku RMU a následující číselné hodnoty představují hodiny od začátku vzniku RMU:

Tab. 4 Porovnání událostí, zdroj: autor

[h]	JE FUKUŠIMA (11. 3. 2011 15:27)	[h]	JE TEMELÍN (22. 9. 2015 07:00)
0	Záplavová vlna ničí zařízení elektrárny	0	Tornádo způsobuje pád střechy strojovny HVB I
+1	Selhání chlazení aktivní zóny	+1	Informování styčného místa o vzniku RMU
	Informování vlády o vzniku RMU		Aktivace: Havarijního štábu JE, Krizového štábu SÚJB
+3	Varování obyvatelstva	+2	Informována vláda o vzniku RMU
+4	Zahájení evakuace obyvatel 2 km	+3	Varování obyvatelstva ZHP
	Rozšíření evakuace obyvatel 3 km		Zahájeno dochlazování aktivní zóny
+14	Rozšíření evakuace obyvatel 10 km	+4	Vydán pokyn obyvatelstvu k ukrytí a užití jódové profylaxe
+15	Únik radioaktivních látek do ŽP		Selhání chlazení aktivní zóny
+24	Exploze nahromaděného vodíku	+6	Únik radioaktivních látek do životního prostředí – analýza meteorologických dat
+29	Rozšíření evakuace obyvatelstva 20 km	+24	Zastaven únik Ra látek do ŽP – zvládnutí RMU
+144	První nasazení japonské armády	+41	Zahájena evakuace obyvatel vybraných sektorů ZHP
+264	Obnoveno chlazení aktivní zóny	+43	Ukončení evakuace vybraných sektorů ZHP
+316	Zvládnutí RMU	+44	Ukončeno cvičení

Porovnáním časů, kdy docházelo k vybraným událostem, v případě skutečné RMU a cvičné RMU, můžeme pozorovat markantní časové rozdíly. V případě skutečné RMU ve Fukušimě v prvních hodinách znemožňovala jakýkoliv zásah záplavová vlna, která poničila, či zablokovala přístupové cesty k bezpečnostním prvkům. Zaměřme se ale na samotnou evakuaci obyvatel. V případě Fukušimy evakuace obyvatel, z nejbližší zóny kolem jaderné elektrárny, byla zahájena do dvou hodin od vzniku RMU. Ačkoliv se laické veřejnosti může zdát faktor rychlosti v případě evakuace klíčový, není tomu tak. Unáhlená evakuace nedovoluje analýzu meteorologických údajů, a tak může dojít k jevu, kdy evakuované obyvatelstvo bude přemístěno do oblasti radioaktivního spadu a tím dojde k většímu ohrožení zdraví a životů evakuovaných obyvatel. V případě cvičení ZÓNA 2015 je jedním z důležitých faktorů vydání pokynu k jódové profylaxi krátce po oznámení RMU. Včasné požití jódové profylaxe zvyšuje ochranu štítné žlázy a zároveň snižuje pravděpodobnost pozdějších rakovinotvorných onemocnění. Včasnou profylaxi a při správném ukrytí je umožněno obyvatelům přežít v zasažené oblasti po delší dobu, a tudíž následná evakuace může být lépe koordinována.

Ve prospěch cvičení ZÓNA 2015 hovoří bezpochyby fakt, že se jednalo o pouhé prověřovací cvičení, kdy nedochází k náhlým zvrátům (nejsou-li ve scénáři cvičení). Druhým nesporným faktem je důkladné plánování celého cvičení, které prověřuje funkčnost skutečných havarijních plánů určených pro JE Temelín. Havarijní plánování v případě RMU na fukušimské elektrárně bylo zcela nedostatečné a zastaralé.

5.6.2 První reakce při RMU

Pokud srovnáme proběhlé radiační havárie můžeme konstatovat, že prvotní zásah, který by zabránil rozvoji havárie do větší míry nebyl nijak účinný. V případě Černobyli, ačkoliv prvotní zásah proběhl v řádu desítek minut od vzniku RMU, nebyl účinný z důvodu nedostatečných znalostí zasahujících jednotek. I když požární jednotka dislokovaná přímo v areálu elektrárny byla vybavena odpovídajícím vybavením, znalosti ohledně zvládnutí RMU nebyly vysoké, respektive v rámci utajování nebyly žádné. Proto došlo při pokusu hašení otevřené aktivní zóny k vodíkovým explozím a většímu únosu kontaminace pomocí páry do životního prostředí. (Wagner; 2015)

Fukušimská havárie se potýkala s přírodním živlem, který zničil bezpečnostní prvky a zároveň zničil budovu požární stanice elektrárny, což způsobilo nemožnost okamžité reakce požárního oddílu. Příslušníci tohoto oddílu byli vybaveni odpovídající

technikou a přípravky k nouzovému chlazení aktivní zóny. V důsledku kolapsu budovy, které způsobilo zemětřesení, nebylo možné tyto prostředky použít. Tuto událost považujeme za kritickou událost v rozvoji RMU. (Wagner; 2015)

V případě JE Temelín došlo po roce 2011 k sérii stress testů, které reflektovaly na události ve Fukušimě. Prvním z opatření bylo zvýšení odolnosti hasičské stanice vůči vlivům zemětřesení. Velký důraz byl kladen i na odpovídající vybavení a školení příslušníků HZSP. Zkušenosti z Fukušimy přinesly zásadní zjištění, že pouze mobilní hasičské prostředky, v podobě cisternových automobilových stříkaček nedostačují, proto bylo rozhodnuto o doplnění HZSP ETE těžkou bourací a transportní technikou. Tuto techniku představuje rypadlo Terex, jeden nákladní automobil s hydraulickou rukou a radlicí a v neposlední řadě dvoukomorová cisterna určená na dopravu pohonných hmot (benzinu a nafty).

Nedílnou součástí byla instalace SBO²⁸ generátorů, které jsou určeny jako externí zdroj elektrické energie pro životně důležité havarijní prvky.

Na základě odpovídajícího vybavení a důkladně zpracovaného vnitřního havarijního plánu se dá předpokládat velmi rychlá reakce při vzniku RMU. Prvotní reakce je jedním z rozhodujících faktorů pro zabránění rozvoje RMU.

5.7 Shrnutí výsledků

Při porovnávání dvou největších jaderných havárií, které se odehrály v letech 1986 a 2011 byly zjištěny jisté podobnosti, které můžeme interpretovat následovně. Jak v případě Sovětského svazu, tak v případě Japonska došlo k podcenění rizik spojených s využíváním jaderné energetiky a vlády obou zemí se zaměřovaly na rizika, která dle jejich soudu byla pravděpodobnější.

V obou případech jaderných havárií se v oblasti zvládnutí RMU angažovali vrcholní představitelé politické moci a tím došlo k narušení průběhu záchranných a likvidačních prací. S tímto narušením souvisí i plánovaná evakuace, která v případě SSSR proběhla za několik dní, v případě Japonska probíhala několik dní a byla rozdělena na několik etap, což v důsledku způsobilo v obou případech vystavení evakuovaných obyvatel ionizujícímu záření. Otázka jódové profylaxe byla v obou případech zcela ignorována.

²⁸ Station black out

V případě porovnání fukušimské jaderné havárie se scénářem RMU na JE Temelín je patrné, že ČR je pro případnou RMU lépe připravena. Tento fakt potvrzují detailněji zpracované havarijní plány, které v případě Fukušimy byly nedůsledné, či zcela chybné. Úskalím ČR v případě vzniku RMU je shledáno samotné obyvatelstvo, které není dostatečně informováno, ani dostatečně teoreticky a prakticky připravováno na možnost vzniku jakékoliv MU.

5.8 Návrhy na opatření

Na základě doplňkového dotazníkového šetření bylo zjištěno, že znalosti obyvatelstva v oblasti chování při MU jsou na nízké úrovni a je tudíž opravdu zapotřebí tuto úroveň zvýšit.

Pro zvýšení úrovně v oblasti ochrany obyvatelstva, ale i ochrany jednotlivce v ČR, považují za nutné zavedení samostatného školního výukového předmětu s tematikou ochrany člověka za mimořádných událostí. Jelikož po roce 1989 se oblasti civilní ochrany přestala věnovat pozornost, kterou si toto odvětví zaslouží, vedlo rušení různých školních aktivit a cvičení zabývajících se tímto odvětvím k celkovému snížení znalostí a povědomí o ochraně obyvatelstva a jednotlivce. Proto je velmi nutné navrácení těchto předmětů zpět do školních osnov a důsledně vyžadovat jejich plnění.

Jedním z nejzásadnějších opatření, které by vedlo k posílení ochrany obyvatelstva nejen při RMU, ale při jakékoliv MU, shledávám v aktualizaci rámcového vzdělávacího programu, ve kterém chybí předmět, který by se ochranou a chováním člověka v případě MU zabýval. Je zapotřebí do povědomí obyvatel opět zanést znalosti, které mu pomohou v ochraně vlastního zdraví, či životů, jelikož u obyvatel samotných ochrana obyvatelstva začíná.

Z tohoto důvodu je zapotřebí revidovat současný systém vzdělávání v ČR, zejména dětí školního věku, kde informace z oblasti chování při MU budou mít větší dopad.

6 Diskuse

Jaderná energetika v dnešní době představuje jeden z hlavních zdrojů stabilních dodávek elektrické energie a právoplatně je zařazena do tzv. kritické infrastruktury. Od padesátých let do současnosti došlo k několika nehodám a haváriím, které ukázaly, že s novým zdrojem elektrické energie je zapotřebí modernizovat i postupy a opatření v oblasti ochrany obyvatelstva, jelikož riziko vzniku radiačních mimořádných událostí existuje.

První z výzkumných otázek bylo porovnání, které definovalo, **jak se lišilo pojetí ochrany obyvatelstva v minulosti v případě jaderné havárie z pohledu západního a východního sektoru?**

K tomuto porovnání jsme vybrali události černobylské a fukušimské jaderné elektrárny, jelikož obě tyto události nesly podobné znaky, a tudíž je možné provést jejich porovnání.

V případě havárie Černobylu došlo k jevu, který byl úzce spjatý s režimem a dobou, ve které se havárie odehrála. Přístup sovětského režimu, který za každou cenu utajoval svá selhání, aby tak dokresloval představu světového ideálu, nebral v potaz ochranu obyvatelstva jako prvotního cíle. Z tohoto důsledku došlo k mnoha úmrtím z důvodu deterministických účinků ionizujícího záření a rozvoji rakovinných onemocnění na území dnešní Ukrajiny v důsledku stochastických účinků ionizujícího záření.

V případě Fukušimy se kritickým pochybením stalo podceněné havarijní plánování, neochota investovat do ochranných opatření a ve finále rozkol mezi složkami a orgány, které se pokoušeli o zvládnutí RMU. Mnohonásobné změny při zavádění opatření na ochranu obyvatelstva způsobily, že evakuované obyvatelstvo bylo vystaveno vyšším dávkám ionizujícího záření a radioaktivnímu spadu. Samotná evakuace byla chaoticky prováděna a evakuovaní obyvatelé byli v některých případech evakuováni 2x až 3x za 24 hodin.

Na základě těchto údajů můžeme prohlásit, že zatímco z pohledu „východního“ vnímání ochrany obyvatelstva bylo prvotním úkolem zamezit úniku informací o nastalé havárii a snaha o zamlčení celé události, tak z pohledu „západního“ vnímání šlo v první řadě o ochranu co největšího počtu obyvatel, ovšem za cenu chaotických opatření, která mohla mnoho obyvatel traumatizovat více než hrozba samotné havárie.

Odpovědí na první výzkumnou otázku je: „Ochrana obyvatelstva z pohledu „východního a západního“ se příliš neodlišovala v nutnosti zavádění neodkladných opatření vedoucích k ochraně obyvatelstva. Ačkoliv se jednalo o státní celky s naprosto odlišným politickým uspořádáním, u obou událostí najdeme znaky celkové nepřipravenosti státních orgánů, jelikož každý z obou komparovaných států nepokládal RMU za nejpravděpodobnější hrozbu a spíše se zaměřoval na jiné oblasti hrozeb, které byly dle státních bezpečnostních analýz více pravděpodobné.“

Druhou výzkumnou otázkou bylo hodnocení, zdali: **Odpovídají současná opatření ochrany obyvatel České republiky v případě jaderné havárie opatřením zavedeným ve světě?**

Na základě získaných informací můžeme stanovit několik odpovědí, které budou založeny na úrovni opatření orgánů zajišťujících ochranu obyvatel v České republice, opatření ze strany provozovatele jaderného zařízení a z hlediska znalostí obyvatelstva v době vzniku RMU.

Velmi kontraproduktivním krokem shledávám zrušení tzv. branné výchovy v rámci základních a středních škol, bez zavedení adekvátní náhrady, která by poskytovala určitou úroveň informovanosti ohledně základního chování během mimořádných událostí. V současnosti tyto praktické zkušenosti mezi žáky základních a středních škol chybí, což se v důsledku projevuje na celkové informovanosti obyvatelstva.

V případě vzniku RMU je v ČR velmi kvalitně zpracován vnější havarijní plán, který zajišťuje rychlou odezvu složek IZS a orgánů činných v oblasti ochrany obyvatelstva. Kvalitně zpracovaná havarijní dokumentace a předem definovaná ZHP včetně rozdělení do sektorů umožňuje včasné zavedení opatření na ochranu obyvatelstva.

Provozovatel jaderného zařízení společnost ČEZ a.s. pravidelně školí a připravuje personál pro případ vzniku abnormálního, či havarijního stavu. Zvýšení odolnosti a stavební úpravy bezpečnostních systémů umožňují jejich využití za předpokladu biogenního i antropogenního působení na technologické celky JE. Propracovaný vnitřní havarijní plán umožňuje zastavení rozvoje radiační nehody v havarijní stav.

Vnitřní a vnější havarijní plán je pravidelně podrobován zkoušce v podobě havarijního cvičení Zóna, které odhaluje nedostatky a přispívá k periodické aktualizaci obou plánů.

Jako klíčový faktor v oblasti ochrany obyvatelstva v ČR spatřuji samotné obyvatelstvo. Vzdělání obyvatelstva v oblasti ochrany a chování za mimořádných událostí a krizových situací je zcela nedostačující. Mnoho mýtů a nepravdivých informací, které kolují mezi obyvatelstvem může způsobovat nesnáze zasahujícím složkám v případě vzniku RMU, proto by bylo zapotřebí doplnit vzdělávací systém v ČR. Pro doplnění vzdělávacích osnov bych navrhoval zavedení samostatného předmětu Ochrana člověka za mimořádných situací. Tento předmět by největšího účinku dosáhl zejména na základních a středních školách. Snahou daného předmětu by bylo pozvednutí úrovně informovanosti v oblasti ochrana člověka za mimořádných událostí mezi dětmi a dospívající mládeží, což v současnosti zcela chybí.

S přihlédnutím k událostem v Japonsku v roce 2011 a současnému stavu ochrany obyvatelstva v České republice můžu uvést odpověď na druhou výzkumnou otázku: Opatření ochrany obyvatel České republiky v případě jaderné havárie jsou na odpovídající, či vyšší úrovni a odpovídají opatřením zavedeným ve světě.

Současně s odpovědí na druhou otázku bych uvedl, že v případě České republiky dochází k plnému uvědomění si možných rizik spojených s provozováním jaderného zařízení IV. kategorie. Ve srovnání s publikacemi a vyšetřovacími zprávami, které se týkaly dvou největších radiačních havárií v historii provozování jaderných zařízení, je patrné, že geografická poloha a nízké četnosti biogenních a antropogenních mimořádných událostí, umožňují odpovědným a bezpečnostním orgánům důkladné rozpracování havarijních plánů právě v oblasti možné radiační havárie.

Cíle práce se podařilo naplnit, a to s očekávaným výsledkem. Ačkoliv v současné době panuje na politické scéně obdobný rozkol podobný bipolárnímu rozdělení světa, podobnost přístupů k ochraně obyvatelstva při RMU je prakticky podobný, jelikož všechny státy provozující jaderné elektrárny si uvědomují rizika s provozem spojená.

Z kapitoly Výsledky vyplývá, že porovnáním RMU na obou jaderných elektrárnách jsme došli k téměř shodným zjištěním, neboť v obou případech byly problémy a nedostatky, jak při vlastní likvidaci RMU, tak i při zaváděných opatřeních ochrany obyvatelstva. Tímto lze konstatovat, že první cíl práce byl naplněn.

Druhý cíl práce byl rovněž naplněn, neboť v práci byly porovnány přístupy k ochraně obyvatelstva v bipolárním světě, rovněž s konstatováním, že přístupy ve východním i západním světě byly rozdílné, ale nebyly bez chyb. Komparací se současnými opatřeními ochrany obyvatelstva bylo zjištěno, že v současné době v ČR jsou tato opatření na srovnatelné úrovni se světem, v některých otázkách jsou i na vyšší

úrovni. Dlouhodobým nedostatkem je edukace obyvatelstva ve všech věkových kategoriích.

Závěr

Využívání jaderné energetiky, jako stabilního zdroje elektrické energie, pro lidstvo bezesporu zaujalo pevné a nenahraditelné místo v tzv. energetickém mixu. Neustále je zapotřebí brát v potaz jadernou bezpečnost, jejíž hlavním úkolem je bezpečné provozování energetických reaktorů a zároveň minimalizovat rizika pro vznik radiačních mimořádných událostí.

Z historie je možné vzít si ponaučení, čeho všeho je schopna radiace, pokud se dostane mimo prostředí, kde ji je lidstvo schopno zvládat. Tímto prostředím jsou v dnešním světě převážně atomové elektrárny či výzkumná střediska zkoumající a vyvíjející další technologie pro efektivnější využívání jaderných reakcí. Pokud dojde k selhání technologie, ať v důsledku konstrukční chyby, lidského faktoru, či přírodních vlivů

a dojde k nehodovému, či havarijnímu stavu, je zapotřebí reagovat co možná nejrychleji a nejefektivněji. Z důvodu těchto rizik, spojených s jadernou energetikou, je zapotřebí zpracovávat a neustále aktualizovat havarijní plány, které budou aktivovány právě v těchto případech.

Události spojené s havárií černobylské a fukušimské jaderné elektrárny ukázaly světu, že podcenění nouzových havarijních plánů může mít fatální následky nejen pro dotčené obyvatelstvo, ale i pro celý svět, kdy meteorologické jevy v podobě větru a deště mohou roznést radioaktivní částice po celém světě. Zejména pak déšť je určujícím faktorem pro míru kontaminace zeminy, popřípadě povrchových vod.

Rozdílnost těchto dvou událostí, které si zasloužily označení největších jaderných havárií však nebyla příliš veliká. V případě SSSR sehrála hlavní roli totalitní ideologie, která skrze nepravdy, lži a utajování přivedla jadernou elektrárnu Černobyl k havárii. Následné utajování a strach z reakce zbytku světa, ale i z reakcí vlastního obyvatelstva způsobilo prodlení v neodkladných opatřeních a při samotné evakuaci obyvatelstva sídlícího v nejbližším okolí a tím přispělo k eskalaci samotné havárie. Ačkoliv evakuace po svém zahájení proběhla v čase nepřesahujícím 2 hodiny, zdravotní následky, které si dotčení obyvatelé odnesli s sebou z důvodu politických rozhodnutí je neomluvitelné. V případě Japonska nesla hlavní vinu tržní ekonomika, kdy výtěžek byl pro společnost více motivující než zajištění odpovídající bezpečnosti. Ačkoliv v případě Fukušimy byla evakuační opatření zavedena ještě před samotným vznikem RMU, jejich

nepropracovanost v rámci plánování způsobovala zmatky. Druhé ztížení situace přineslo převzetí koordinace řízení záchranných a likvidačních prací premiérem Japonska. Tímto krokem došlo ke zpomalení všech záchranných prací, které mohly vést ke zhoršení situace. Třetí chybou se stalo rozšiřování evakuační zóny, kdy evakuování obyvatelé z první zóny, museli být opětovně evakuováni. Tento fakt způsoboval ztrátu důvěry obyvatelstva v záchranné složky a tím docházelo ke komplikacím, které prodlužovaly evakuační limity.

Z předchozího odstavce můžeme vyvodit závěr, že jakékoliv politické vměšování do specifických událostí, mezi které patří i RMU je nežádoucí. Ochrana obyvatelstva z hlediska SSSR byla postavena za státní zájmy a z hlediska Japonska za ekonomické zájmy provozovatele, čímž došlo k nezanedbatelné podobnosti u obou RMU.

Odpověděli jsme na první výzkumnou otázku, která se zabývala rozdílností pohledů na ochranu obyvatelstva z pohledu „východního“ a „západního“ vnímání a zároveň byl naplněn první cíl práce samotné, jehož úkolem bylo porovnat dvě největší jaderné havárie v historii lidstva.

Zájmy ČR v oblasti jaderné energetiky shledáváme podřazené zájmům ochrany obyvatelstva, jelikož státní dozorující orgán v podobě Státního úřadu pro jadernou bezpečnost je nezávislým orgánem jak na státním zřízení, tak na provozovateli jaderných elektráren, společnosti ČEZ a. s.

Druhým cílem práce bylo ověření úrovně stávajících opatření ochrany obyvatelstva v ČR v případě jaderné havárie a jejich porovnání s opatřeními zavedenými ve světě. Nezávislé hodnocení v oblasti jaderné bezpečnosti provedla v roce 2019 na JE Temelín asociace World Association of Nuclear Operators a shledala úroveň operativního personálu z hlediska zajišťování jaderné bezpečnosti na velmi vysoké úrovni, čímž se potvrzuje uvědomění si ČR rizik spojených s využíváním jaderného zdroje. V důsledku událostí z fukušimské elektrárny došlo ke stavebním i bezpečnostním úpravám na JE Temelín, které pasivně přispívají ke zvýšení ochrany obyvatelstva, čímž se ČR svými znalostmi a opatřeními pro případný vznik RMU řadí mezi bezpečné provozovatele jaderných zařízení. Druhý cíl práce byl tedy naplněn s výsledkem, který považuje současný stav opatření ochrany obyvatelstva za zcela odpovídající světovému standardu, příp. jej v některých oblastech i převyšuje.

Zásadní otázkou při zvládnání RMU se stává samotné obyvatelstvo, které je zapotřebí vzdělávat v oblasti chování při vzniku MU. Při zkoumání úrovně znalostí mezi obyvateli ČR v oblasti ochrany obyvatelstva bylo zjištěno, že úroveň informovanosti je nízká. Toto tvrzení bylo podloženo výsledky z doplňkového dotazníkového šetření, které poukázalo na nutnost zvýšení informovanosti obyvatelstva ČR.

Tímto zjištěním byla naplněna i odpověď na druhou výzkumnou otázku, která se zabývala úrovní opatření zavedenými v ČR pro případ vzniku RMU.

Seznam použitých zkratek

AČR – Armáda České republiky

BWR – varný reaktor

ČR – Česká republika

ETE – elektrárna Temelín

GŘ – generální ředitelství

HDP – hrubý domácí produkt

HZS ČR – Hasičský záchranný sbor ČR

HZSP – hasičský záchranný sbor podniku

IAEA/ MAAE – Mezinárodní agentura pro atomovou energii

INES – International nuclear events scale

IZS – integrovaný záchranný systém

JčK – Jihočeský kraj

JE – jaderná elektrárna

JSVV – jednotný systém varování a vyrozumění

KANTEI – japonský vládní krizový štáb

KS – krizová situace

MO – ministerstvo obrany

MU – mimořádná událost

MV – Ministerstvo vnitra

NAIIC – japonská vyšetřovací komise jaderných a průmyslových havárií

NATO – North Atlantic Treaty Organisation

NISA – japonský ekvivalent SÚJB

ORP – obec s rozšířenou působností

PČR – Policie České republiky

PWR/VVER – Vodo-vodní energetický reaktor

RBMK – kanálový reaktor velkého výkonu

RH – radiační havárie

RMU – radiační mimořádná událost

RN – radiační nehoda

SSRKO – stabilní stanice radiační kontroly okolí

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

TEPCO – Tokyo Electric Power Company

TMI – Three Miles Island

WANO – Organizace provozovatelů jaderných elektráren

ZHP – zóna havarijního plánování

ZZS – zdravotnická záchranná služba

Seznam použitých zdrojů

ALEKSIEVICH, Svetlana a Keith GESSEN. *Voices from Chernobyl*. Normal: Dalkey Archive Press, 2005. ISBN 1564784010.

AMADEO, Kimberly. The Three Mile Island Nuclear Accident and Its Impact on U.S. Energy. *The balance* [online]. 2020, January 31, 2020 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.thebalance.com/three-mile-island-nuclear-accident-facts-impact-today-3306337>

AYRES, Drummond B. Three Mile Island: Notes From a Nightmare. *The New York Times*. 1979, CXXVII(No.44,189), Dostupné také z: <https://www.nytimes.com/1979/04/16/archives/three-mile-island-notes-from-a-nightmare-three-mile-island-a.html>

BLAKEMORE, Erin. The Chernobyl disaster: What happened, and the long-term impacts. *National Geographic* [online]. May 17, 2019 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/culture/topics/reference/chernobyl-disaster/>

BROMOVÁ, Edita. Jaderná fyzika a energetika: Co vydrží kontejnment jaderné elektrárny. *TŘÍPÓL* [online]. 2019 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/jaderna-fyzika-a-energetika/510-co-vydrzi-kontejnment-jaderne-elektrarny>

BUREŠ, Jiří. ConVERTER: Antoine Henri Becquerel. *ConVERTER.cz* [online]. 2002 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/becquerel.htm>

Civil Protection. *JGSDF* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.mod.go.jp/gsdf/english/civil/index.html>

COHEN-UNGER, Susan a EVRENSSEL, Ayhan (eds.). *Ionizující záření: účinky a zdroje* [online]. *Program OSN pro ochranu životního prostředí*, 2016. ISBN 978-92-807-36007. [cit. 2020-15-04]. Dostupné online z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation_Czech_27_Dec_2016_Web.pdf

ČERMÁK, František a František FUCIMAN. *Ochrana proti zbraním hromadného ničení*. Praha: Naše vojsko, 1958. ISBN D584527.

Černobylská historie, 2020. *Chernobyl.wel.come* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.chernobylwel.com/cz/cernobylska-historie>

DRÁBOVÁ, Dana. *Černobyl: Seriál a realita* [přednáška]. JE Temelín: Přednáška Dany Drábové. 29. 1. 2020.

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA: Marie Curie [online]. London, 2020 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Marie-Curie>

Fukushima Daiichi Accident. *World Nuclear Association* [online]. March, 2020 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>

Fukushima Nuclear Accident Update Log. *IAEA.org* [online]. Vienna, 2017, 27. června 2017 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/newscenter/news/fukushima-nuclear-accident-update-log-15>

Hameln rds. *Jodid Draselný 65 hameln: Příbalová informace*, 2013. Modra: Hameln rds.

HZS ČR. O nás, *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. 20. 7. 2017 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/webove-stranky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx#generalni>

HZS Jihočeského kraje. *Vnější havarijní plán Jaderné elektrárny Temelín*. HZS Jihočeského kraje [online]. Revize platná k 19. 3. 2019 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plan-jaderne-elektrarny-temelin.aspx>

IAEA: Nuclear Safety & Security [online]. 2016. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/topics/security-of-nuclear-and-other-radioactive-material>

International Nuclear and Radiological Event Scale (INES). *IAEA* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/resources/databases/international-nuclear-and-radiological-event-scale>

KOLÁČEK, Bohumil. *Základy radiační ochrany: Učební texty pro přípravu personálu JE*. Brno: ČEZ, 2016.

KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.

LEATHERBARROW, Andrew. *Černobyl 01:23:40: Neuvěřitelný příběh nejhorší jaderné katastrofy*. Brno: CPress, 2020. ISBN 978-80-264-3032-2.

LOCHBAUM, David, Edwin LYMAN, and the Union of concerned scientists. *Fukushima: The story of a nuclear disaster*. The New Press, New York, 2014.

MEDVEDEV, Grigorii. *Chernobyl Notebook*. Moscow: Novy Mir, 1989. ISBN 978-1622800032.

MICHALÍČKOVÁ, Iva. *Co je vlastně integrovaný záchranný systém?* Hasičský záchranný sbor Libereckého kraje [online]. 27.01.2017 [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <http://www.hzslk.cz/59.5345-co-je-vlastne-integrovaný-zachranny-system.html>

Ministerstvo obrany. *Co je to POKOS*, 2020. *Příprava občanů k obraně státu (POKOS)* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <http://www.pokos.army.cz/co-je-pokos>

MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030*, 2014. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. ISBN 978-80-86466-50-7.

NAIIC. *The official report of: The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission*, 2012. Tokyo: The National Diet of Japan. Dostupné také z: https://www.nirs.org/wp-content/uploads/fukushima/naaic_report.pdf

PÍSEK, Václav. *Jaslovské Bohunice A1. Atominfo.cz: Aktuálně o jádru* [online]. 2015, 30. 4. 2015 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://atominfo.cz/2015/04/jaslovske-bohunice-a1/>

PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC. *Zásahy při radiační mimořádné události*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-046-3.

Příklad událostí. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/priklady-udalosti/>

Působnost a činnost. *Ministerstvo obrany České republiky* [online]. 2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/ministr-a-ministerstvo/pusobnost/pusobnost-a-cinnosti-5131/>

Působnost ministerstva. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2019 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/ministerstvo-pusobnost-ministerstva.aspx>

REED, Cameron, 2016. Chernobyl and Trinity: Counting the Curies. *PIR*. Federation of American Scientists, **69**(2).

ROSICKÁ, Zdena. *Možnosti využití armády České republiky v integrovaném záchranném systému: metodická pomůcka*. Brno: Univerzita obrany, 2006. ISBN 80-7231-1344.

SEDM NEČEKANÝCH ZPŮSOBŮ, JAK ZMĚNILO ZEMĚTŘESENÍ A CUNAMI V JAPONSKU SVĚT, 2012. *National Geographic Česko* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/clanky/sedm-necekanych-zpusobu-jak-zmenilo-zemetreseni-v-japonsku-svet.html>

Skupina ČEZ: Temelín. 2016. Skupina ČEZ [online]. [cit. 2020-15-03]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderna-elektřarny-cez/ete.html>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost. *Hodnocení: Provozně bezpečnostních ukazatelů* [online]. Praha: SÚJB, 2016 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/jaderna-bezpecnost/hodnoceni/Hodnoceni_PBU_2015.pdf

State Atomic Energy Corporation ROSATOM: The VVER today [online]. Moscow: Rosatom [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf>

Státní ústav radiační ochrany. *Biologické účinky ionizujícího záření*. Státní ústav radiační ochrany [online]. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>

Státní ústav radiační ochrany. *Principy radiační ochrany*. Státní ústav radiační ochrany [online]. [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>

Státní ústav radiační ochrany. Radiační havárie [online]. 2016. [cit. 2020-29-03]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/radiacni-havarie>

Study.com. What are Atoms & Molecules? - Definition & Differences. *Study.com* [online]. 30 May 2017 [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/what-are-atoms-molecules-definition-differences.html#transcriptHeader>

Technologie a zabezpečení. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete/technologie-a-zabezpeceni-1#p5>

Vyhláška č. 226/2015 Sb., Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury, 2015. In: *Sbírka zákonů*. č. 93/2015 Sb.

Vyhláška č. 328/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, 2001. In: *Sbírka zákonů*. č. 127/2001 Sb.

WAGNER, Vladimír. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Co nám řekla jaderná havárie ve Fukušimě I?* Praha: Jednota českých matematiků a fyziků, 2015, 60(4). ISSN 0032-2423.

WAGNER, Vladimír. *Fukušima I poté*. Praha: Novela bohémica, 2015. ISBN 978-80-87683-45-3.

WARNER, Karl-Friedrich. *Kronika 20. století*. Praha: Fortuna Print, 2003. ISBN 80-85873-54-0.

Zákon č. 239/2000 Sb., Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, 2000. In: *Sbírka zákonů*. č. 73/2000 Sb.

Zákon č. 263/2016 Sb., Zákon atomový zákon, 2016. In: *Sbírka zákonů*. č. 102/2016 Sb.

Zákon č. 374/2011 Sb., Zákon o zdravotnické záchranné službě, 2011. In: *Sbírka zákonů*. č. 131/2011 Sb.

Zákon č. 561/2004 Sb., Zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), 2004. In: *Sbírka zákonů*. č. 190/2004 Sb.

Přílohy

Příloha A: Dotazníkové šetření

DOTAZNÍK

Chování obyvatel při vyhlášení Radiační havárie

Dobrý den,

děkuji, že jste si udělali čas na vyplnění mého dotazníku, který se týká radiačních nehod a havárií v souvislosti s chováním obyvatel následně po varování. Dotazník se skládá ze 4 otázek.

Vámi zadané odpovědi budou zcela anonymní a výsledné hodnoty, které graficky zpracuji budou figurovat pouze v mé bakalářské práci.

Ještě jednou děkuji za Váš čas.

Daniel Sviták

Zdravotně sociální fakulta

Jihočeská Univerzita České Budějovice

- 1) Všeobecná výstraha se v České republice vyhláší pomocí "sirén" a vypadá následovně:
 - a) 100 sekund trvající nepřerušovaný tón
 - b) 140 sekund trvající kolísavý tón
 - c) 180 sekund trvající přerušovaný tón

- 2) V případě vzniku radiační havárie jako první:
 - a) Požiji jódovou profylaxi (2 tablety)
 - b) Ukryji se v nejbližší budově
 - c) Snažím se opustit ohroženou oblast

3) Kdy lze požit jódovou profylaxi?

- a) Ihned po vzniku radiační havárie
- b) Do 24 hodin po vzniku radiační havárie
- c) Na pokyn odpovědných orgánů

4) Informace k nastalé situaci:

- a) aktivně dohledávám, popřípadě telefonicky získám na čísle 112
- b) naleznu na vývěsné desce příslušného městského úřadu
- c) získávám pouze z hromadných informačních prostředků

Seznam obrázků

Obrázek 1: Bezpečnostní systém ČR.....	52
Graf 1: Forma vyhlášení Všeobecné výstrahy v ČR.....	54
Graf 2: Individuální ochrana při RMU	55
Graf 3: Jódová profylaxe	55
Graf 4: Výsledek odpovědí otázka č. 4.....	56

Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupnice INES	20
Tabulka 2: Souhrn aspektů	41
Tabulka 3: Porovnání výsledků	50
Tabulka 4: Porovnání událostí	58