



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Dopady havárie jaderné elektrárny
Fukušima - Daiiči do oblasti havarijní připravenosti
v České republice**

**The Impacts of the Fukushima - Daiichi Nuclear
Power Plant Disaster on the Emergency Preparedness
of the Czech Republic**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Vedoucí práce: Mgr. Josef Kaňkovský

Radka Čechová

Kladno 2016

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2015/2016

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Radka Čechová**
Obor: Plánování a řízení krizových situací
Téma: **Dopady havárie jaderné elektrárny Fukušima - Daiiči do oblasti havarijní připravenosti v České republice**
Téma anglicky: The Impacts of the Fukushima - Daiichi Nuclear Power Plant Disaster on the Emergency Preparedness of the Czech Republic

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Předmětem bakalářské práce bude analýza a zhodnocení havárie jaderné elektrárny Fukušima - Daiiči v Japonsku z 11. března 2011 a porovnání následujících opatření vyplývajících z mezinárodních legislativních požadavků a doporučení v České republice. V teoretické části bakalářské práce bude provedena analýza havárie a zhodnocení efektivity zavedených neodkladných a následných ochranných opatření. V praktické části se bude bakalářská práce zabývat shromážděním těchto ochranných opatření a požadavků, které byly vytvořeny bezprostředně po havárii, a následně bude určena míra implementace a ovlivnění havarijního plánování v České republice.

Seznam odborné literatury:

- [1] SMETANA, M., KRATOCHVÍLOVÁ, D. a KRATOCHVÍLOVÁ, D., Havarijní plánování, Computer Press, 2010, ISBN 978-80-251-2989-0
- [2] Kolektiv autorů, Principy a praxe radiační ochrany, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, ISBN 80-238-3703-6
- [3] EDITOR, J. , The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Elsevier, 2007, ISBN 9780702030482

zadání platné do: 11.09.2017

Vedoucí: Mgr. Josef Kaňkovský

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 23.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem **Dopady havárie jaderné elektrárny Fukušima - Daiiči do oblastí havarijní připravenosti v České republice** vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně 20. května 2016

.....

Radka Čechová

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Josefu Kaňkovskému za odborné vedení, poskytnutí cenných rad a za jeho vstřícnost a trpělivost při zpracování této bakalářské práce.

Také chci poděkovat panu docentu Františku Podzimkovi za jeho konstruktivní připomínky a rady.

Abstrakt:

Obsahem bakalářské práce je analýza a zhodnocení havárie jaderné elektrárny Fukušima – Daiiči v Japonsku z 11. března 2011 a její ovlivnění havarijní připravenosti v České republice. Práce je zaměřena na shromáždění ochranných opatření, které byly vytvořeny bezprostředně po havárii, a na jejich aplikování v České republice.

V teoretické části je přiblížena problematika radiačních havárií a jsou zde uvedeny organizace zabývající se zajištěním bezpečnosti při výrobě a využívání jaderné energie. Dále jsou zde uvedeny některé případy havárií z minulosti před havárií ve Fukušimě, a to havárie, které se staly na území Japonska a mimo Japonsko a které přispěly k formování havarijní připravenosti, jakou ji známe dnes.

V praktické části jsou shromážděna ochranná opatření a požadavky, které byly vytvořeny po havárii, a jejich ovlivnění havarijní připravenosti v České republice. V diskuzi je porovnání ovlivnění havarijní připravenosti po havárii ve Fukušimě s ovlivněním havarijní připravenosti po jiných haváriích, zejména po havárii v Černobyli.

Klíčová slova:

jaderná havárie, Fukušima - Daiiči, havarijní připravenost, zátěžové testy

Abstract:

The aim of this Bachelor's thesis is to analyse and evaluate the Fukushima – Daiichi nuclear power plant disaster in Japan, which occurred on 11th March 2011, and to assess its impact on the emergency preparedness in the Czech Republic. This thesis focuses on gathering a list of the protection measures taken immediately after the accident and on the application of such measures in the Czech Republic.

The theoretical part deals with the issue of radiation accidents and introduces the organizations responsible for securing safe nuclear energy production and usage. Some other accidents, which took place both in Japan and in the world before the Fukushima accident and contributed to the formation of emergency preparedness as we know it today, are also described.

The research part of the thesis lists the protection measures and requirements set after the accident and explores how they affected the emergency preparedness in the Czech Republic. In the discussion part, the changes in emergency preparedness after the Fukushima accident are compared with those that occurred after other accidents, above all after the Chernobyl disaster.

Key words:

nuclear accident, Fukushima - Daiichi, emergency preparedness, stress tests

OBSAH

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Úvod | 8 |
| 2. | Současný stav řešené problematiky | 10 |
| 3. | Cíle práce | 12 |
| 4. | Metodika | 13 |
| 5. | Radiační bezpečnost..... | 14 |
| 5.1 | Mezinárodní agentura pro atomovou energii | 14 |
| 5.2 | Radiační havárie | 16 |
| 5.3 | Státní úřad pro jadernou bezpečnost..... | 17 |
| 5.4 | Radiační monitorovací síť | 18 |
| 5.5 | Euratom | 18 |
| 6. | Potřeba jaderné energie v ČR..... | 20 |
| 7. | Vybrané jaderné havárie před Fukušimou mimo Japonsko | 21 |
| 7.1 | Three Mile Island | 22 |
| 7.2 | Windscale Pile | 22 |
| 7.3 | Jaslovské Bohunice | 23 |
| 7.4 | Černobyl | 23 |
| 8. | Vybrané jaderné havárie před Fukušimou na území Japonska..... | 25 |
| 8.1 | Mondžu..... | 25 |
| 8.2 | Tokaimura..... | 26 |
| 8.3 | Mihama..... | 27 |
| 9. | Analýza havárie Fukušima..... | 28 |
| 9.1 | Vznik havárie..... | 29 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 9.2 | Vývoj havárie | 30 |
| 9.3 | Následky havárie | 33 |
| 10. | Aplikovaná opatření po havárii Fukušima..... | 35 |
| 10.1 | Zátěžové testy | 36 |
| 10.2 | Reakce SÚJB na nehodu JE Fukušima a zátěžové testy v ČR..... | 37 |
| 10.2.1 | Výsledky zátěžových testů v ČR..... | 37 |
| 10.2.2 | JE Dukovany | 38 |
| 10.2.3 | JE Temelín..... | 39 |
| 11. | Diskuze | 42 |
| 12. | Vyhodnocení cílů práce | 47 |
| 13. | Závěr | 48 |
| | Seznam použité literatury | 50 |
| | Seznam použitých zkratk | 56 |
| | Seznam obrázků | 57 |

1. ÚVOD

Jaderná energie je poměrně levný zdroj elektřiny, který je především v Japonsku velmi oblíbený. Tento způsob výroby energie však s sebou nese i určitá rizika. V průběhu celkem dlouhé historie jaderné energetiky se přihodilo několik nehod, od těch malého rozsahu až po velmi závažné havárie s rozsáhlými následky na obyvatelstvu a životním prostředí. Na základě těchto událostí byly zakládány nejrůznější organizace a společenství, jako jsou například Mezinárodní agentura pro atomovou energii nebo Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Jejich úkolem je pomoci zabránit dalším haváriím vytvořením pravidel pro využívání jaderné energie. [1]

Havárie Fukušima - Daiiči byla bezesporu jednou z nejtragičtějších událostí 21. století. Byla velkou ranou nejen pro Japonsko, ale téměř pro celý svět. Jaderná energetika, zvláště po havárii v Černobyli, nebyla obyvatelstvem přijata jako bezpečná. Po Fukušimě se však tento strach ještě znásobil. Ihned po havárii proto začalo vyšetřování, které mělo za úkol odhalit příčiny havárie a případné chyby v projektu či pochybení zaměstnanců elektrárny. Bezprostředně po zjištění příčiny začaly organizace zabývající se ochranou obyvatelstva dělat vše pro to, aby k podobné události již nikdy nedošlo. Mezitím se však odstavilo již velké množství jaderných elektráren všude ve světě a zároveň některé státy zaujaly velmi radikální postoj k výrobě a využívání jaderné energie. Mezi tyto státy patří v Evropě zejména Rakousko a Německo, které na svém území postupně chtějí odstavit všechny jaderné reaktory a snaží se o snížení využití jaderné energie i v jejich okolních zemích, včetně České republiky.

Strach z jaderné energetiky tedy od roku 2011 znovu vzrostl. Ke snížení negativních dopadů havárie se vytvořily tzv. Zátěžové testy, které testovaly jaderné elektrárny na nadprojektové a i velmi nepravděpodobné události. Tyto testy velmi vhodně doplnily robustní systém procesů hodnocení a analýz prováděných průběžně na národní úrovni.

Je bezesporu, že nám havárie Fukušima - Daiiči po 25 letech od Černobyli opět připomněla, že se nikdy nesmí polevit v úsilí o posilování jaderné bezpečnosti a havarijní připravenosti. Přestože jsou obě havárie rozdílné povahy, obě jasně

poukázaly na potřebu efektivní mezinárodní spolupráce a na důležitost sdílení potřebných informací a znalostí, společně s nutností vést transparentní komunikaci na všech úrovních. [2]

Toto téma ke zpracování seminární práce jsem si vybrala především proto, že dnes je jaderná energetika velmi diskutovanou oblastí. Odráží se v něm potřeba výroby energie, zejména v Japonsku, s velkým strachem lidstva z neznámých a nevyzkoušených věcí. Jedná se přeci jen o jeden z nejnovějších způsobů výroby energie, u kterého nevíme, jak velký dopad na lidstvo může zanechat. Dále je téma zaměřeno na ovlivnění havarijní připravenosti v České republice, která je velmi důležitá pro zajištění bezpečnosti a ochranu obyvatelstva v našem státě.

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Legislativní rámec havarijní připravenosti jaderných zařízení zabezpečuje zejména Atomový zákon - č. 18/1997 Sb. (dále jen „Atomový zákon“) a vyhláška 318/2002 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.

Atomový zákon je základním kamenem, který svěřuje výkon státní správy a dozoru v oblasti jaderné bezpečnosti a při činnostech vedoucích k ozáření. Jsou v něm upraveny všechny náležitosti související s využíváním jaderné energie pro mírové účely. Pokrývá problematiku havarijní připravenosti nebo nakládání s radioaktivními odpady a jsou v něm zakomponovány i závazky vyplývající z mezinárodních úmluv, jimiž je Česká republika vázána. [3]

Nově je zpracováván nový atomový zákon, který je připravován i se zřetelem na jadernou havárii Fukušima - Daiiči, pro předcházení vzniku podobné mimořádné události na území České republiky. Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropského společenství pro atomovou energii a Evropské unie, zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Euratomu a Evropské unie a upravuje:

- a) podmínky mírového využívání jaderné energie,*
- b) podmínky vykonávání činností v rámci expozičních situací,*
- c) nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem,*
- d) schvalování typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky přepravy radioaktivní nebo štěpné látky, radioaktivního odpadu nebo vyhořelého jaderného paliva,*
- e) monitorování radiační situace,*
- f) zvládání radiační mimořádné události,*

g) podmínky zabezpečení jaderného zařízení, jaderného materiálu a zdroje ionizujícího záření,

h) požadavky k zajištění nešíření jaderných zbraní a

i) výkon státní správy v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření. [4]

Atomový zákon ukládá jaderným zařízením povinnost mít vypracované havarijní plány, čímž se pro účely tohoto zákona rozumí soubor plánovaných opatření k likvidaci radiační nehody nebo havárie a k omezení jejich následků.

Zpracovává se:

1. **Vnitřní havarijní plán** – pro prostory jaderného zařízení nebo pracoviště, kde jsou vykonávány radiační činnosti,
2. **Havarijní řád** – pro přepravu jaderných materiálů nebo zdrojů ionizujícího záření,
3. **Vnější havarijní plán** – pro oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování, která se nazývá zóna havarijního plánování. [5]

3. CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je shromáždění ochranných opatření a požadavků, které byly vytvořeny bezprostředně po havárii Fukušima - Daiiči, a zhodnocení jejich následného ovlivnění havarijního plánování v České republice.

V teoretické části práce bude přiblížena problematika radiačních havárií a zároveň zde budou uvedeny organizace zabývající se zajištěním bezpečnosti při výrobě a využívání jaderné energie. Dále budou uvedeny některé případy havárií z minulosti před havárií ve Fukušimě, a to havárie, které se staly na území Japonska a mimo Japonsko a které přispěly k formování havarijní připravenosti, jakou ji známe dnes.

V praktické části budou uvedena nashromážděná ochranná opatření a požadavky, které byly vytvořeny po havárii a jejich ovlivnění havarijní připravenosti v České republice. V této části se budu zabývat nejvíce již zmíněnými Zátěžovými testy, které byly provedeny na obou jaderných elektrárnách v České republice, na JE Dukovany a JE Temelín. V poslední části práce bude porovnání ovlivnění havarijní připravenosti po havárii ve Fukušimě s ovlivněním havarijní připravenosti po jiných haváriích. Největší důraz zde bude kladen na rozdíly po havárii v Černobyli, jelikož tato událost dle mého názoru zvýšila bezpečnost výroby a využívání jaderné energie nejmarkantněji.

Cíle práce:

- přiblížit problematiku radiačních havárií,
- provést analýzu a zhodnocení jaderné havárie Fukušima – Daiiči,
- shromáždít ochranná opatření a požadavky, vytvořené bezprostředně po havárii Fukušima – Daiiči,
- zjistit míru ovlivnění havárie na havarijní připravenost v České republice.

4. METODIKA

V rámci zpracování bakalářské práce byly použity především obecně teoretické metody, které nevycházejí primárně z empirických zkušeností či měření, ale jsou přijímány jako univerzální teoretické postupy.

Pro zpracování teoretické i praktické části byla využita literární rešerše odborné literatury a internetových zdrojů. Vzhledem k charakteru této bakalářské práce a dostupnosti možných zdrojů, zde převládají zdroje internetové. Nejvíce se zde využívá internetových zdrojů Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Skupiny ČEZ.

Součástí teoretické části bakalářské práce je analýza havárie jaderné elektrárny Fukušima – Daiiči v Japonsku z 11. března 2011. V praktické části je stěžejním tématem shromáždění ochranných opatření, které byly vytvořeny bezprostředně po havárii, a na jejich aplikování v České republice.

TEORETICKÁ ČÁST

5. RADIAČNÍ BEZPEČNOST

Na jadernou a radiační bezpečnost jaderných elektráren je kladen velmi vysoký důraz. V současné době je oblast jaderné energetiky jedním z oborů lidské činnosti s nejpřísněji vymezenými provozními pravidly bezpečnosti. V České republice jsou nejvýznamnějšími zdroji elektrické energie jaderné elektrárny a tepelné elektrárny spalující uhlí. Na našem území se nacházejí dvě jaderné elektrárny, jedná se o elektrárnu v Dukovanech na jižní Moravě a v Temelíně v jižních Čechách. Jaderné elektrárny mají oproti klasickým tepelným elektrárnám větší ekologický přínos. Neprodukují popílek, oxid uhličitý, oxid siřičitý a další chemické látky, které významně znečišťují životní prostředí. Provoz jaderné elektrárny však může komplikovat například skladování vyhořelého paliva, které je dlouhodobě vysoce radioaktivní, a tak je potřeba jej skladovat ve speciálních skladech radioaktivních materiálů. [6]

Z legislativy zabývající se havarijní připraveností bych zde ráda zdůraznila několik podstatných faktů. Za jadernou bezpečnost a plnění požadavků k jejímu zajištění je zodpovědný provozovatel jaderného zařízení. Tato odpovědnost je ze zákona nepřenositelná a nedělitelná. Vlastní zajištění jaderné bezpečnosti je postaveno na funkčním systému řízení, kvalifikovaném personálu a kvalitních technologiích. Jaderná bezpečnost je tedy tzv. vlastností jaderného zařízení (jeho návrh a aktuální stav) a vlastností obsluhy. Povinností jaderného zařízení a obsluhy je udržovat kontrolu nad průběhem štěpné a řetězové reakce a omezovat únik radioaktivních látek do životního prostředí. [7]

5.1 Mezinárodní agentura pro atomovou energii

Bezpečnostní doporučení a pravidla pro provoz jaderných elektráren v České republice jsou, stejně jako ve většině států světa, zakotvena v právních předpisech a bezpečnostních návodech vydávaných Mezinárodní agenturou

pro atomovou energii (dále jen „IAEA“). Tato agentura sídlící ve Vídni je nezávislou mezivládní organizací v systému Organizace spojených států - OSN a vznikla jako odpověď na obavy z možných důsledků používání jaderné energie v r. 1957. Bývalé Československo bylo členem IAEA od jejího založení, Česká republika je členem od r. 1993. [8]

Doporučení IAEA jsou formulována na základě kvalifikovaných rozborů a doporučení skupin nejlepších odborníků. Vlastní pravomoci a kontrolní mechanismy, které jsou potřeba pro neustálé zvyšování bezpečnosti v oblasti jaderné energetiky. Po každé nehodě v jaderném zařízení důkladně vyšetřuje příčiny jejího vzniku a na základě výsledků vyšetřování upravuje předpisy pro jejich provoz. [6]

Mezinárodní agentura pro atomovou energii také v roce 1990 ve snaze o usnadnění komunikace a dorozumění mezi odborníky na jadernou energii, sdělovacími prostředky a veřejností vytvořila stupnici **INES (The International Nuclear Event Scale)**. Tato stupnice zařazuje jakékoliv události spojené s radioaktivním materiálem nebo s radiací, včetně událostí na jaderných zařízeních, do sedmi stupňů: stupně 1 – 3 jsou označovány jako nehody, stupně 4 – 7 jako havárie. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam, jsou označeny stupněm 0 (pod stupnicí), a nazývají se odchylkami. Události, které vůbec nesouvisí s bezpečností, se označují jako události mimo stupnici. (viz Obrázek 1) V této práci dále uvádím některé příklady radiačních havárií, ve které se na tuto stupnici odkazují. [9]



Obrázek 1 - Stupnice INES [9]

Mezinárodní agentura pro atomovou energii také zavedla pojem „kultura bezpečnosti“, který byl poprvé použit ve zprávě IAEA v roce 1986. Tento pojem se používá ve spojení s oblastí bezpečnosti jaderných elektráren, ale jeho interpretace je poměrně volná, a tak principy definující kulturu bezpečnosti lze použít i pro hodnocení úrovně bezpečnosti mimo oblast bezpečnosti jaderných elektráren. Kultura bezpečnosti je tedy definována jako *soubor charakteristik a osobních postojů v organizaci a myšlení lidí, který zajišťuje, že problémům bezpečnosti je věnována nejvyšší priorita, odpovídající jejich významnosti.* [10]

5.2 Radiační havárie

Radiační havárie jsou havárie, při kterých dojde k takovému úniku radioaktivních látek mimo jadernou elektrárnu, že by se jeho následky mohly dotýkat zdraví obyvatel v okolí elektrárny. Pokud únik radioaktivních látek nevede k žádnému ohrožení osob mimo jadernou elektrárnu, nazýváme jej radiační nehodou. Při radiační havárii se provádějí mimořádná opatření na ochranu zdraví obyvatelstva. V důsledku stanovení provozních standardů, které jsou přísně kontrolovány Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, dodržování stanovených podmínek provozu a odborné způsobilosti personálu jaderných elektráren v České republice se možnost vzniku radiační havárie snižuje na minimum. [6] [11]

Přestože je radiační havárie na území České republiky velmi málo pravděpodobná, je nutné se na tyto situace připravit. Bezpečnostní požadavky pro provoz jaderných elektráren proto ukládá jako povinnost jaderným elektrárnám zpracování havarijních plánů, které jsou blíže uvedeny v kapitole Současný stav řešené problematiky. Každá jaderná elektrárna má také vlastní kvalifikovanou havarijní komisi, která v případě havarijních situací navrhuje rychlá a účinná řešení. [6] [11]

5.3 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

V souvislosti se zvýšenou potřebou dohledu nad jadernými zařízeními vznikl v České republice 1. ledna 1993 Státní úřad pro jadernou bezpečnost dále také „SÚJB“). Tento úřad sídlí v Praze a již v tehdejší Československu mu předcházely jiné organizace, zejména Československá komise pro atomovou energii. [3]

Dle Atomového zákona Státní úřad pro jadernou bezpečnost zejména:

- a) *vykonává státní dozor nad jadernou bezpečností, jadernými položkami, fyzickou ochranou, radiační ochranou, havarijní připraveností a technickou bezpečností vybraných zařízení a kontroluje dodržování povinností podle tohoto zákona,*
- b) *vykonává kontrolu nešíření jaderných zbraní a státní dozor nad jadernými položkami a fyzickou ochranou jaderných materiálů a jaderných zařízení,*
- c) *vydává povolení k výkonu činností podle tohoto zákona a typově schvaluje obalové soubory pro přepravu a skladování jaderných materiálů a radioaktivních látek stanovených prováděcím právním předpisem, zdroje ionizujícího záření a další výrobky,*
- d) *vydává oprávnění k činnostem vybraných pracovníků,*
- e) *schvaluje dokumentaci, programy, seznamy, limity, podmínky, způsob zajištění fyzické ochrany, havarijní řády, a po projednání vazeb na vnější havarijní plán s příslušným krajským úřadem a dotčenými obecními úřady obcí s rozšířenou působností, vnitřní havarijní plány a jejich změny*
- f) *stanovuje podmínky, požadavky, limity, mezní hodnoty, nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin, směrné hodnoty, optimalizační meze, referenční úrovně, diagnostické referenční úrovně, zprošťovací úrovně a uvolňovací úrovně,*
- g) *stanovuje zónu havarijního plánování, případně její další členění a schvaluje vymezení kontrolovaného pásma, h) v souladu s prováděcím právním předpisem stanovuje požadavky na zajišťování havarijní připravenosti držitelů povolení a kontroluje jejich dodržování,*

- i) sleduje a posuzuje stav ozáření a usměrňuje ozáření osob,*
- j) vydává, eviduje a ověřuje osobní radiační průkazy; podrobnosti stanoví prováděcí právní předpis, k) poskytuje obcím a krajům údaje o hospodaření s radioaktivními odpady na jimi spravovaném území, a jiné. [12]*

5.4 Radiační monitorovací síť

Státní úřad pro jadernou bezpečnost také řídí činnost celostátní Radiační monitorovací sítě (dále jen „RMS“). RMS slouží zejména ke sledování skutečné radiační situace na území České republiky. Získaná data z RMS tak slouží pro hodnocení radiační situace, pro sledování a posuzování stavu ozáření. V případě radiační havárie jsou využita pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření. Na vlastním monitorování radiační situace se dále kromě Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a provozovatele jaderných elektráren v současné době podílejí zejména Ministerstvo financí, Ministerstvo obrany, Ministerstvo vnitra, Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí další subjekty. [13]

Od 1. května 2004 je Česká republika také členem Evropské unie. Na základě Smlouvy o přistoupení se od tohoto data staly pro Českou republiku závaznými také Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii (dále jen „Euratom“) a akty přijaté orgány Společenství na jejím základě. [14]

5.5 Euratom

Euratom byl založen šesti evropskými státy (Belgie, Francie, Itálie, Lucembursko, Německo, Nizozemsko), začal fungovat od 1. ledna 1958 a dnes jsou jejími členy všichni členové Evropské unie. Hlavním cílem Euratomu je přispět k vytvoření podmínek nezbytných pro rychlý růst jaderného průmyslu a nastavit mechanismy pro kontrolu možného zneužití jaderných materiálů. Prostředky k dosažení tohoto cíle jsou zejména podpora jaderného výzkumu, vytvoření jednotného jaderného

trhu a zajištění ochrany zdraví obyvatel a pracovníků se zdroji ionizujícího záření před jejich účinky. K těmto účelům Euratom stanovuje jednotné bezpečnostní standardy pro radiační ochranu a zavádí mechanismy ke kontrole těchto standardů a pro kontrolu nad zneužitím jaderného materiálu. [14]

Od přijetí Smlouvy o Euratomu uplynulo více jak 50 let avšak názory na potřebu rozvoje a podpory využívání jaderné energie v Evropě se v průběhu let neustále mění a vyvíjí. Tento postup a vývoj ale nebyl postupně zanesen i do legislativního zakončení. Cíle a úkoly vymezené Smlouvou o Euratomu a prostředky k jejich dosažení zůstaly ve Smlouvě o Euratomu nezměněny. Pro legislativní zanesení vývoje a trendů se proto využívá tzv. rozšiřující výklad některých ustanovení Smlouvy, a to právě tak, aby vyhovoval dnešním potřebám. [14]

Státní úřad pro jadernou bezpečnost je gestorem za některé oblasti upravené Smlouvou o Euratomu.

Jedná se zejména o:

- radiační ochranu a
- kontrolu a evidenci nakládání s jadernými materiály.

Ostatní oblasti jsou v gesci jiných orgánů státní správy. Příkladem může být Ministerstvo průmyslu a obchodu, které má v gesci zásobování jaderným palivem nebo smlouvy se třetími státy uzavřené Euratomem pro oblast jaderné energetiky. [14]

6. POTŘEBA JADERNÉ ENERGIE V ČR

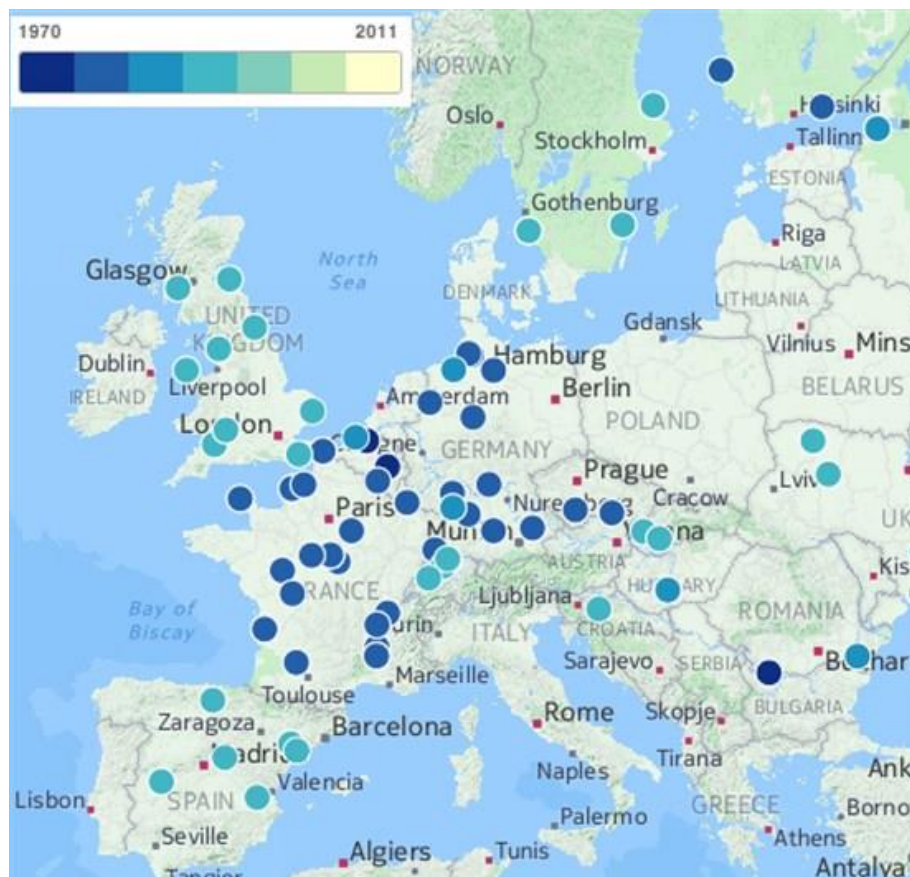
Česká republika potřebuje pro zajištění energetické nezávislosti vyvážený poměr energie z jaderných elektráren, uhelných elektráren a obnovitelných zdrojů. Rychlost, jakou se staví nové zdroje, neodpovídá nárokům trendu růstu spotřeby, a tak v České republice může v budoucnu dojít k nedostatku výrobních kapacit. Podle prognóz zvyšující se spotřeby elektřiny v České republice by celková roční spotřeba elektřiny během nadcházejících 15 let mohla dosáhnout na 100 TWh. Dle všeho nemá Česká republika dostatek energetických zdrojů pro svou potřebu. Již dnes je závislost na dovozu větší jak polovina, a i v budoucnu se předpokládá růst závislosti na dovozu. V rámci vyváženého energetického mixu se v České republice často využívá vítr, vodní energie, energie slunce a spalování biomasy. Žádný z těchto zdrojů, a ani všechny tyto zdroje společně, dnes nemají dostatečný potenciál potřebný pro zajištění energetických potřeb České republiky. [15]

Pokud uvážíme, že dnes je Česká republika závislá na dovozech ropy a zemního plynu z jiných zemí, mohlo by se zdát výhodnější dovážet rovnou hotovou elektřinu a neprovozovat jaderné elektrárny, které ohrožují naše životní prostředí. I přesto, že jaderné elektrárny mají na životní prostředí méně škodlivý vliv, než jiné významné zdroje výroby elektřiny, jak už jsem v této práci zmiňovala. Úplná závislost na dovozu elektřiny by však znamenala ohrožení strategické bezpečnosti České republiky. Pokud by se navíc elektřina dovážela ze zemích Evropy, nemělo by to dlouhého trvání, jelikož nedostatek elektřiny nehrozí pouze České republice ale i celé Evropě. Navíc provozování a využívání jaderné energie státem má velkou výhodu. Zejména využití jaderné energie výrazně snižuje závislost státu na cizích zdrojích, a to díky různé škále možnosti dodávek jaderného paliva. K využití jaderného paliva je totiž potřeba pouze malé množství, které lze navíc dlouhodobě skladovat. [15]

7. VYBRANÉ JADERNÉ HAVÁRIE PŘED FUKUŠIMOU MIMO JAPONSKO

Jaderných elektráren je ve světě mnoho. S tím je také spojené větší riziko vzniku případných nehod a havárií těchto elektráren. V minulosti se jich také několik událo, a to s různým dopadem na okolní obyvatelstvo a životní prostředí. Jaderná energetika hraje také velmi významnou roli v EU. V rámci celé Evropy se jaderné elektrárny staví zejména v Bělorusku, Finsku, Francii, v Rusku a na Slovensku. [16] (viz Obrázek 2)

Zde uvádím 4 jaderné havárie, které kromě havárie Fukušima - Daiiči nejvíce ovlivnily formování havarijní připravenosti v České republice a Evropské unii.



Obrázek 2 - Rozmístění a stáří jaderných elektráren na území Evropy [17]

7.1 Three Mile Island

Na ostrově Three Mile Island (USA) se nachází jaderná elektrárna se dvěma tlakovodními reaktory. Na druhém z nich došlo 28. března 1979 k jedné z největších havárií jaderné energetiky, která byla dle stupnice INES ohodnocena stupněm 5. Havárie začala, když přestalo fungovat čerpadlo sekundárního potrubí a turbína, napojená na toto potrubí, se odpojila. Reaktor však pracoval dál, což vedlo k nárůstu teploty a tlaku v hlavním chladícím potrubí. Reaktor se zastavil až po otevření přetlakového pojistného ventilu, což vedlo ke snížení narůstajícího tlaku. Pojistný ventil se však zablokoval v otevřené poloze a tlak v potrubí tak stále klesal. Nádrž, do které ventil ústil, přetekla a radioaktivní voda zaplavila prostor kolem reaktoru. Současně selhala náhradní čerpadla, která měla začít chladit reaktor. Spustila se tak havarijní čerpadla, která ale byla pracovníky obsluhy ručně zastavena, protože špatně pochopili celou situaci. Během pár minut začala voda v reaktoru vřít a reaktor se začal tavit, což způsobilo únik radioaktivních plynů pod tlakem do okolí elektrárny. [18]

Společnost Met-Ed, která jadernou elektrárnu vlastnila, několik dní tajila skutečný rozsah havárie a zkreslovala důležité informace o havárii a o únicích radioaktivity. Až po dvou dnech od havárie došlo k evakuaci tisíců žen a dětí a spolu s nimi opustilo svá obydlí na 200 000 lidí, kteří nedůvěřovali oficiálním údajům. Během týdne po havárii mělo mnoho lidí příznaky ozáření včetně zánětů pokožky, nevolnosti, zvracení či pálení očí. [18]

7.2 Windscale Pile

Jedná se o havárii grafitového reaktoru ve Velké Británii, který sloužil k produkci plutonia pro vojenské účely. Tato havárie nastala 7. října 1957 a její dopad byl na stupnici INES ohodnocen stupněm 5. Došlo zde k poruše snímače teploty reaktoru, který byl zahříván, což způsobilo, že palivové články začaly hořet. Po zapnutí ventilátorů k ochlazení článků, se s přívodem čerstvého vzduchu intenzivně rozhořely a jejich teplota přesáhla 1000 °C. Požár se podařilo uhasit až čtvrtý den. Mezitím

však uniklo do okolí množství radioaktivních látek – Cesium 137, Iod 131 a Polonium 210. Dopad této havárie na obyvatele byl oficiálně mnohem větší než při havárii na Three Mile Island, přesto však vzbudila mnohem méně pozornosti. Dle odhadů uniklé radioaktivní látky způsobily u několika set lidí i předčasnou smrt. [19]

7.3 Jaslovské Bohunice

Reaktor A-1 v Jaslovských Bohunicích se stal první jadernou elektrárnou v Československu, která začala již od roku 1972 dodávat elektrickou energii do sítě. Došlo zde ke dvěma jaderným nehodám. Dne 5. ledna 1976 se zde stala první nehoda, při které došlo k poruše palivových článků a následnému úniku radioaktivního oxidu uhličitého do haly reaktoru. Při této nehodě došlo k usmrcení dvou zaměstnanců udušením a k úniku radioaktivního jodu a radioaktivního cesia do životního prostředí. [20] [21]

Druhá, závažnější nehoda, ohodnocená dle stupnice INES na stupeň 4, se stala 22. února 1977. Nastala při vyměňování palivových článků, při kterém se do reaktoru omylem spustil i ucpaný článek. Chladicí plyn jím tak nemohl proudit a jistý palivový článek se začal tavit, což způsobilo únik radioaktivní vody. Úbytek vody způsobil tavení dalších palivových článků a celkem došlo k natavení čtvrtiny z nich. Do okolí přitom uniklo větší množství radioaktivity, zejména radioaktivního cesia a stroncia. Z důvodu vysokých nákladů na opravu a vystavení nových tlakovodních reaktorů v lokalitě Jaslovských Bohunic se po této havárii reaktor A1 již nikdy neobnovil. [20] [21]

7.4 Černobyl

Nejhorší havárie jaderné elektrárny Černobyl, se stala 26. dubna 1986 poblíže Kyjeva. Došlo zde ke dvěma krátce po sobě jdoucím mohutným výbuchům, při kterých byl zničen čtvrtý blok jaderné elektrárny. Tato havárie byla dle stupnice INES odhadnuta na 7. stupeň, jelikož radioaktivní zplodiny vzniklého požáru ohrozily

i sousední státy. V den havárie měli operátoři provést neodborně připravený pokus o využití elektrického výkonu dobíhajícího turbosoustrojí ke krátkodobému nouzovému chlazení reaktoru. [22]

Experiment byl ale podceněn z hlediska jaderné bezpečnosti a byl brán pouze jako elektrotechnická záležitost, pro jadernou bezpečnost jakkoliv nevýznamná. [23] Chybou operátora nastal prudký pokles výkonu reaktoru, při kterém roste koncentrace xenonu v reaktoru. Reaktor byl již ve velmi nestabilním stavu, přesto experiment pokračoval. Dále se zjistilo, že počet regulačních tyčí v aktivní zóně odpovídá necelé polovině povolené hodnoty. Následkem kladného koeficientu reaktivity začal výkon s růstem páry v kanálech intenzivně stoupat, a tyče tak nestačily dostatečně rychle klesnout zpět do aktivní zóny. Chvíli na to tepelný výkon vzrostl nejméně na stonásobek a došlo k parní explozi, která odhodila víko reaktoru stranou. [22]

Do rozžhavené masy bloku vnikl vzduch a reakcí vodíku vzniklého stykem vodní páry a žhavého grafitu došlo ihned k druhé explozi, která roztříštila část aktivní zóny. Žhavé trosky pak zapálily asfaltový potah střechy, a když se propadla, uniklo do vzduchu 5 tun radioaktivních látek. Trvalo deset dní, než se silné úniky radioaktivity podařilo omezit. Radioaktivní mračno bylo zaneseno s nejméně dvěma miliony TBq radioaktivních látek (zejména jodu a cesia) nad Skandinávií, střední Evropu a Balkán. Tato havárie způsobila smrt 31 zaměstnanců elektrárny a požárníků, a 237 lidí onemocnělo akutní nemocí z ozáření. Dále tisíce záchranářů a pomocníků dostaly dávky od 300 do 500 mSv. [22]

8. VYBRANÉ JADERNÉ HAVÁRIE PŘED FUKUŠIMOU NA ÚZEMÍ JAPONSKA

Využívání jaderné energie bylo u Japonska dáno zejména z ekonomických důvodů. Japonsko je zemí s nedostatkem energetických surovin a zhruba 84 % jejich energetické potřeby je řešena dovozem. Elektrická energie však nejde skladovat a ostrovní poloha Japonska jim znemožňuje využít výměnu elektřiny se sousedy. Využití vodní energie je zde taktéž limitováno. Japonsko nemá řeky, které by byly vhodné pro stavbu přehrad a hydroelektráren. Zároveň s tím přehrady představují velké riziko při výskytu zemětřesení, která jsou na japonském území běžná. Kvůli nedostatku volných ploch a dalším omezením připadá nemožné i využití větrných a slunečních elektráren. Zejména z těchto důvodů se Japonsko stalo předním uživatelem jaderné energetiky. Důvodem rozhodnutí o výstavbě elektrárny Fukušima - Daiiči byla také snaha pozvednout doposud zaostalý region a zajistit mu pracovní místa a vyšší životní úroveň. [24]

Jaderná energie se v Japonsku vyráběla již od r. 1963. Jednalo se o energetický reaktor (Japan Power Demonstration Reactor), který byl do normálního provozu uveden 2 roky po spuštění, tj. roku 1965. Před havárií ve Fukušimě provozovalo Japonsko 54 komerčních energetických reaktorů. V průběhu desetiletí, kdy se jaderná energie využívala naplno, se nepodařilo vyhnout určitým problémům a malým nehodám. Už při těchto nehodách se však našly základy problémů ve Fukušimě, které, tak jak stanovují mezinárodní pravidla, byly ohlášeny orgánům Mezinárodní agentury pro atomovou energii. [24]

8.1 Mondžu

Jako jednu z prvních jaderných havárií na území Japonska můžeme nazvat havárii Mondžu, která se udála 8. prosince 1995. Při této nehodě došlo k požáru při úniku sodíku. Tekutý sodík se využívá v rychlých reaktorech k ochlazení, jelikož reaktory

uvolňují velké množství tepla. Problémem sodíku je ale jeho reaktivita s kyslíkem, při které velmi rychle vzplane, jako v případě nehody Mondžu. [25]

Požár v tomto případě způsobil „pouze“ roztavení několika železných konstrukcí v místnosti, jelikož k nehodě došlo na sekundárním okruhu, na kterém se nenachází radioaktivní látky. V konečném důsledku havárie se největším problémem stala právě snaha o jisté utajování jejího rozsahu. Posléze bylo třeba zlepšit jak technická bezpečnostní opatření, tak zejména přesvědčit orgány a obyvatelstvo o odpovídající technologické a bezpečnostní úrovni reaktoru. [25]

V roce 2010 tak došlo k opětovnému spuštění reaktoru, ovšem netrvalo dlouho a stejná nehoda se opakovala a reaktor byl znovu odstaven.

8.2 Tokaimura

Daleko vážnější než nehoda Mondžu byly nehody v podniku Tokaimura, zaměřeného na přípravu vysoce obohaceného paliva pro výzkumné a experimentální reaktory. Tento závod vyráběl od roku 1988 zhruba tři tuny různě obohaceného uranového paliva ročně. Tato nehoda byla odhadnuta dle stupnice INES na stupeň 4.

První, menší nehoda se stala 11. března 1997, kdy v podniku došlo k malému výbuchu. Při této nehodě se roztříštily okna a došlo k úniku plynů do vzduchu. Všichni zaměstnanci, kteří opravovali rozbité části, byli vystaveni vysoké radiaci Cesia, který byl posléze nalezen i v ovzduší několik desítek kilometrů od podniku. [26]

Druhá nehoda, ke které došlo 30. září 1999, byla z hlediska radiace nejvážnější nehodou v Japonsku do havárie ve Fukušimě I. Při přípravě paliva se rozpouštěl oxid uranu v kyselině dusičné v příslušném poměru a z důvodu chlazení byl uran obklopen vodou. Chybou závodu bylo, že vedení několikrát změnilo proceduru, aby zrychlili a zefektivnili výrobu, a to bez schválení či uvědomění kontrolních orgánů. [24] [26]

Po navýšení obohacení, si zaměstnanci nebyli schopni uvědomit následky nahromadění uranu 235. Došlo ke spuštění řetězové reakce, které už nezamezila ani voda obklopující uran. Exploze sice nenastala, ale strhla se intenzivní produkce

neutronů a gama záření a do budovy se tak částečně dostaly štěpné produkty. Řetězová reakce trvala přerušovaně téměř 20 hodin a ustala až po odčerpání vody obklopující nádobu s roztokem uranu, která v tu chvíli fungovala jako moderátor a zrcadlo pro neutrony. Úplné odstranění nebezpečí zajistila až dodávka kyseliny borité do nádrže, která účinně absorbuje neutrony. [24] [26]

Při této havárii bylo celkově ozářeno 119 lidí dávkou větší jak 1mSv, což je dávka povolená pro civilní obyvatelstvo. Radioizotopy se dostaly ven v zanedbatelném množství, takže pouze obyvatelé v nejbližším okolí byli vystaveni záření. K jejich ochraně přispěla vzdálenost od podniku a také velmi rychlá evakuace obyvatel, která netrvala ani 5 hodin. Tato nehoda byla důsledkem fatálního selhání bezpečnostního režimu v daném podniku. Nutno zde podotknout, že nehoda podobného typu nemůže nastat v provozech připravujících palivo pro jaderné elektrárny, jelikož tam jsou práce i dávkování plně automatizovány, používá se nižší obohacení uranu a využívá se i jiný proces výroby než v tomto případě. [24]

8.3 Mihama

Poslední mimořádnou událostí v Japonsku před Fukušimou, na kterou bych chtěla poukázat, je nejaderná nehoda jaderné elektrárny v Mihamě. Tato nehoda se stala 9. srpna 2004 a způsobilo ji prasknutí roury parovodu při pravidelné údržbě zařízení. Roura parovodu z uhlíkové oceli měla průměr 56 cm a nacházela se na nejaderné části, kde nebyla pravidelná kontrola, z hlediska možnosti zeslabení stěny vlivem koroze, povinná. Takto byla v provozu 27 let a za tu dobu se její stěna zeslabila z 10 mm na pouhý 1 mm. Důsledkem bylo tedy prasknutí roury, při níž horká pára zabila 4 pracovníky a dalších 7 jich zranila. [24]

Tato událost značně poukázala na problémy a nedostatky v bezpečnostních pravidlech nejaderné části jaderných elektráren a na jejich nutné zlepšení. Nutno říci, že nehoda se opět nestala v části s jaderným reaktorem a že podobné nehody parovodů se stávají i u jiných elektráren např. na fosilní paliva či na biomasu. Na druhou stranu je potřeba si uvědomit, že v těchto případech došlo vždy k velkým bezpečnostním selháním. [24]

9. ANALÝZA HAVÁRIE FUKUŠIMA

Ve zprávě o vyšetřování příčin a průběhu havárie v jaderné elektrárně Fukušima – Daiiči (dále také „Fukušima I.“), kterou v roce 2012 vydala komise japonského parlamentu, se uvádí, že havárie byla iniciována především přírodní katastrofou. Havárie však vznikla zejména podceněním možnosti vzniku extrémně velké tsunami, a jak zpráva zdůrazňuje, i takové extrémní přírodní katastrofy a její dopady by měly být správně předvídaný. Z tohoto hlediska označuje zpráva havárii v Jaderné elektrárně Fukušima I tuto havárii za lidmi zaviněnou, což je mimochodem stejný závěr jako v jiné zprávě o havárii, kterou vydala společnost TEPCO. [27] [28]

V poslední verzi zprávy o havárii jaderné elektrárny Fukušima – Daiiči z 20. června se také konstatuje, že základní příčina havárie byla především podcenění velikosti vlny tsunami. V důsledku této vlny tsunami totiž došlo ke kompletní ztrátě možností chlazení na blocích jedna až tři, což nakonec způsobilo poškození aktivní zóny u těchto reaktorů. Vlna tsunami zničila velkou část vybavení elektrárny, a proto také velice ztížila snahu dostat události pod kontrolu. *Havárie jasně ukázala, že je vždy třeba počítat s tím, že se může uskutečnit případ za hranicemi očekávání.* [24]

Dnes už je zpětně patrná představa o tom, jak by bylo možné havárii předejít a jaké potřebné prostředky a opatření měly být aplikovány. Tato představa je vcelku pozitivní informací pro budoucnost jaderné energetiky. Zpráva parlamentní komise následně navrhuje řadu změn hlavně v manažerské oblasti. Poukazují zejména na zvýšení bezpečnosti jaderné energetiky, a to nejen v Japonsku, ale na celém světě. Jedním z hlavních bodů kritiky bylo, že japonský úřad zodpovědný za jadernou bezpečnost byl součástí ministerstva průmyslu. Regulace byla tedy podřízena stejnému vládnímu úřadnictvu jako složka odpovědná za prosazování dané průmyslové oblasti. Toto bylo kritizováno již před havárií i Mezinárodní agenturou pro atomovou energii. Z důvodu složitého přijetí a prosazení kritiky však Japonsko jejich výhrady a doporučení nepřijalo a mezinárodní organizace na ně nevyvíjela tlak. [24]

9.1 Vznik havárie

Jaderná elektrárna Fukušima I – Daiiči se nachází v prefektuře Fukušima na východním pobřeží Japonska (viz Obrázek 3). V této prefektuře se nachází ještě Fukušima II – Daiini, a to přibližně 12 kilometrů od Fukušima I.



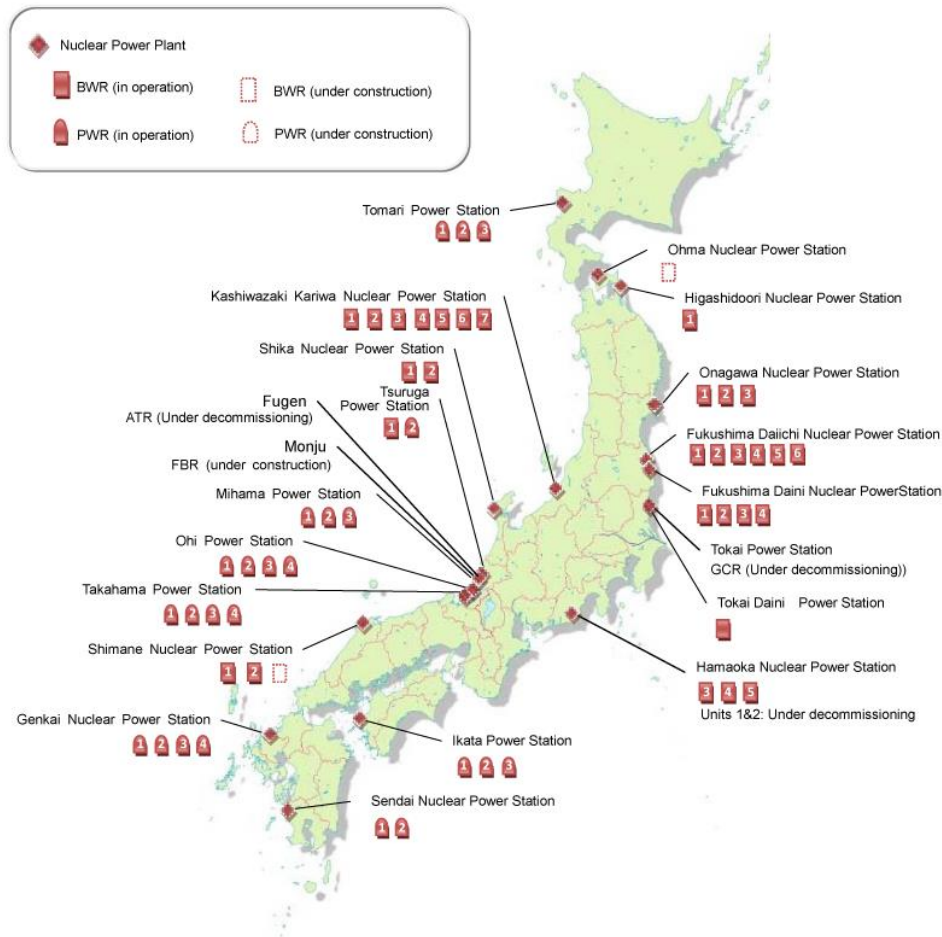
Obrázek 3 - Umístění jaderných elektráren Fukushima Daiiči a Fukushima Daini [29]

11. března 2011 v 14:46 místního času udeřilo u východního pobřeží japonského ostrova Honšú silné zemětřesení o síle 9 stupňů Richterovy stupnice trvajícím přibližně 6 minut. Toto zemětřesení mělo přímý dopad celkem na čtyři jaderné elektrárny v postižené oblasti. Kromě již zmíněných jaderných elektráren Fukušima I - Daiiči a Fukušima II - Daiini postihlo zemětřesení i elektrárny Onagawa a Tokai. (viz Obrázek 4) Situaci na těchto jaderných elektrárnách se, vyjma jaderné elektrárny Fukušima I, podařilo dostat relativně brzy pod kontrolu. [30]

V jaderné elektrárně Fukušima I je instalováno celkem 6 bloků s varnými reaktory, které byly uvedeny do provozu postupně v letech:

- 1971/březen – reaktor typu BWR-3 s výkonem 460 MWe,
- 1974/červenec – reaktor typu BWR-4, s výkonem 784 MWe,
- 1976/březen – reaktor typu BWR- 4, s výkonem 784 MWe,
- 1978/říjen – reaktor typu BWR- 4, s výkonem 784 MWe,
- 1978/duben – reaktor typu BWR- s výkonem 4, 784 MWe,
- 1979/říjen – reaktor typu BWR-5, s výkonem 1100 MWe. [30]

V okamžiku zemětřesení byly v provozu reaktory 1-3, které však díky zapůsobení seismických čidel, byly automaticky odstaveny. Zbývající reaktory 4-6 byly v plánované odstávce. [30]

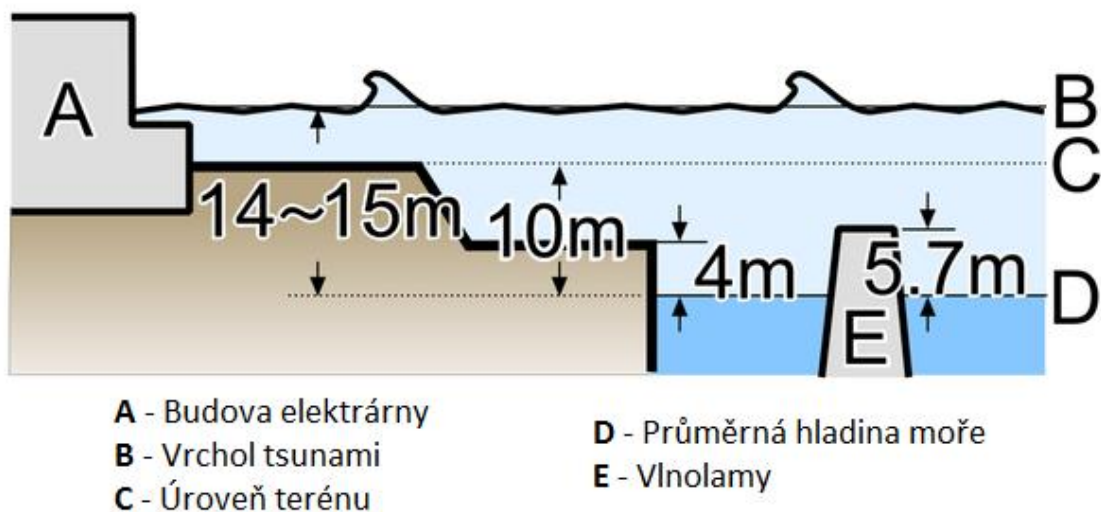


Obrázek 4 - Přehled japonských elektráren [39]

9.2 Vývoj havárie

Fukušima I - Daiiči byla projektována na odolání zemětřesení nejvýše o 8,2 stupně Richterovy stupnice a v tomto případě se jednalo o zemětřesení daleko silnější. Následkem zemětřesení elektrárna přišla o všech 6 externích zdrojů elektřiny. Úspěšně však najely dieselgenerátory, které zajišťovaly havarijní chlazení reaktorů. Necelou hodinu nato však byly systémy havarijního chlazení přerušeny dvěma po osmi minutách následujícími vlnami tsunami. Ničivá vlna tsunami, která dosahovala

na úrovni jaderné elektrárny výšky téměř 15 metrů, zničila čerpadla na mořskou vodu i havarijní dieselgenerátory s palivovými nádržemi (zachoval se pouze dieselgenerátor 6. bloku). (viz Obrázek 5) Svou mohutností také překonala výšku, s níž se počítalo v projektu elektrárny a vyvolala tak boj o dochlazení reaktorů, resp. odvod zbytkového tepla. Jediným zdrojem elektřiny po náhlém odstavení dieselgenerátorů byly baterie s omezenou několikahodinovou životností a chlazení tak bylo zajišťováno pouze náhradními systémy (např. přes havarijní kondenzátor 1. bloku). [30]



Obrázek 5 - Výška vlny tsunami, která zasáhla jadernou elektrárnu Fukušima - Daiiči přibližně 50 minut po zemětřesení [31]

Na 1. a 2. bloku selhaly systémy vstřikování chladící vody do reaktoru hned 11. března a předpokládá se, že cca hodinu po výpadku došlo na 1. bloku k tavení paliva v aktivní zóně. Jeho část se nejspíše dostala do spodní části reaktorové nádoby, kterou částečně poškodila a nahromadila se na dně „suché“ části primárního kontejnmentu. I po snaze odvětrávání jeho „mokrě“ části došlo později k explozi vodíku, která poškodila horní část reaktorové budovy a odhalila bazén vyhořelého paliva umístěného vedle reaktoru. [30]

Následně začalo vstřikování mořské vody do aktivní zóny reaktoru a snižování tlaku v primárním kontejnmentu 2. bloku a 14. března došlo ke ztrátě chladících funkcí reaktoru. Pravděpodobně i zde došlo k obnažení paliva a totéž se opakovalo, což 15. března vyústilo v další explozi. Ta však vyvolala podezření, že by mohlo být

poškození v „mokrém“ části primárního kontejnmentu. Po výbuchu zde nebyla poškozena reaktorová budova. [30]

Na 3. bloku došlo 13. března k selhání systému vstřikování chladící vody do aktivní zóny. Pravděpodobně se začalo tavit palivo a i zde se počítalo s možností usazováním taveniny na dně „suché“ části kontejnmentu. Po následném odtlakování primárního kontejnmentu a vstřikování mořské vody do aktivní zóny reaktoru však opět došlo ke zvýšení tlaku a 14. března došlo k další explozi nahromaděného vodíku. Tato exploze vážně poškodila horní část reaktorové budovy a odkryla bazén vyhořelého paliva. Od 17. března bylo prováděno sprchování helikoptéry obranných sil Japonska, které bylo následně nahrazeno chlazením ze země za pomoci vodních děl. [30]

Od 13. března se také zahájilo havarijní chlazení odstavených reaktorů 5 a 6, kde docházelo ke zvyšování tlaku následkem působení zbytkového tepla. Oba bloky se do stavu studeného odstavení znovu dostaly 20. března. Od 22. března je postupně k dispozici externí zdroj napájení pro všechny bloky. Postupně tak začaly přecházet z provizorního zdroje energie na vnější napájení podle projektu. Od 25. března se začaly chladit reaktory sladkou vodou s přídavkem kyseliny borité, aby se zamezilo případnému obnovení jejich kritičnosti. [30]

Úsilí provozovatele elektrárny TEPCO se v prvních dnech zaměřovalo na dochlazení reaktorů 1-3, kvůli čemuž jim unikla pozornost od kontroly stavu přílehlých bazénů vyhořelého paliva. V bazénu 4. bloku došlo následkem nedostatečného ochlazení 15. března k požáru a k další explozi nahromaděného vodíku, které poškodilo zdi budovy. Další den došlo na bloku k dalšímu požáru, kde byl navíc pozorován bílý dým indikující var vody v bazénu. 17. března bylo zahájeno shazování mořské vody z helikoptér na bazén vyhořelého paliva 3. bloku a od 20. března bylo toto chlazení použito i na bazén na 4. bloku. [30]

18. března se stalo chlazení bazénů vyhořelého paliva na blocích 1. - 4. maximální prioritou. Den nato bylo zahájeno chlazení bazénů i na zbývajících dvou blocích. 28. března byla objevena radioaktivní voda v turbínových halách 1. - 4. bloku, která byla následně odčerpána. Byla také detekována vysoká radiace v drenážním systému vně turbínové haly poblíž 2. bloku. Později, 2. dubna, byl také nalezen radioaktivní únik z trhliny o délce 20 cm ve stěně betonové šachty do moře, který byl ale o 4 dny později úspěšně zastaven. 4. dubna bylo vypuštěno do moře

přibližně 11,5 t nízcce aktivní vody, aby jej připravilo pro shromáždění vysoce radioaktivní vody z dalších míst elektrárny. [30]

17. dubna přišel provozovatel elektrárny TEPCO s **plánem konkrétních opatření**, který si kladl za cíl dostat elektrárnu pod kontrolu. Po dobu prvních tří měsíců se soustředil na stálé snižování radioaktivních dávek, na stabilní chlazení reaktorů a bazénů vyhořelého paliva a ochranu před radioaktivními úniky do životního prostředí. Dalších 6 – 9 měsíců bylo zaměřeno na kontrolu radioaktivních úniků, na dosažení stavu studeného odstavení všech reaktorů, na udržování dostatečné vodní hladiny v bazénech vyhořelého paliva, na zpracovávání a snižování množství kontaminované vody a na zakonzervování budov postižených reaktorů. [30]

Dne 16. prosince 2011 japonský premiér oznámil dosažení stavu studeného odstavení poničených reaktorů. Práce na elektrárně však neustále pokračují. Spolu s postupnou likvidací a obnovováním jejího okolí se také nepřestává podrobněji vyšetřovat celá havárie. Zejména se upřeshňují kořenové příčiny a zjišťuje se skutečný rozsah poškození. [30]

9.3 Následky havárie

Důsledkem havárie byly tři reaktory (bloky 1, 2 a 3), kde se roztavilo palivo. Jejich reaktorové tlakové nádoby byly poškozeny a došlo také k poškození hermetické těsnosti kontejnmentů. V průběhu havárie došlo k určitému úniku radioaktivních látek do životního prostředí, a to jak do atmosféry, tak také do oceánu. Do okolního prostředí byla radiace uvolněna explozemi vodíku z bloků 1, 2 a 3 a také při ventilaci pro řízené uvolnění tlaku v kontejnmentech. Radioaktivní látky, které unikly do ovzduší, se přenášely pomocí větru a kontaminovaly tak oblast pevniny na japonském ostrově Honšú a rozsáhlou oblast oceánu. Nejvíce byly zasaženy oblasti nacházející se severozápadně od elektrárny Fukušima I – Daiiči. V důsledku havárie bylo evakuováno obyvatelstvo v kruhu 30 km od elektrárny. Díky této včasné a velmi rychlé evakuaci obyvatelstva a také díky vzdálenosti podniku od hustěji obydleného území, měla havárie velmi nízké přímé dopady na obyvatelstvo z hlediska ozáření radioaktivními látkami. Radionuklidy uvolněné do ovzduší při této havárii byly

detekovány i v České republice. Jelikož však tak malé množství, jaké zde bylo detekováno, nemělo žádný vliv na lidské zdraví, tak situace nevyžadovala zavedení jakýchkoliv neodkladných ochranných opatření. [32]

K úniku vysoce radioaktivní vody, která se akumulovala v prostorách budovy jaderné elektrárny, došlo na bloku 2 a na bloku 3. Únik radioaktivní vody do moře netěsnostmi v materiálu způsobil kontaminaci mořské vody u japonského pobřeží. Následně na to japonské Ministerstvo zdraví, práce a sociálních věcí nařídilo měření a sledování množství radioaktivního jodu a cezia ve vodě a potravinách v oblastech, kde by se pravděpodobně mohla vyskytnout kontaminace. Byly také stanoveny prozatímní směrné hodnoty, při jejichž překročení byla omezena konzumace vody a potravin. Ke konci března byla však drtivá většina těchto omezení odvolána, protože už došlo k jejich poklesu. [32]

PRAKTICKÁ ČÁST

10. APLIKOVANÁ OPATŘENÍ PO HAVÁRII FUKUŠIMA

První hodnocení jaderné havárie Fukušima – Daiiči, podle stupnice INES, provedl jaderný dozor NISA již deset hodin po události. Hodnocení bylo provedeno podle kritéria dopadu na ochranu do hloubky a na blocích 1 – 3 se tak odhadoval stupeň 3. Ke změně došlo již 12. března večer, kdy na základě kritéria dopadu na radiologické bariéry se odhadl stupeň 4. Dne 18. března se odhad znovu zvýšil na stupeň 5, a to opět podle stejného kritéria, navíc však s podezřením na poškození paliva. 12. dubna již byla událost na těchto blocích odhadnuta na nejvyšší 7. stupeň, podle kritéria dopadu na okolí. 4. blok byl podle kritéria hloubkové ochrany vyhodnocen jako stupeň 3. [30]

Při havárii došlo k úniku radioaktivních produktů štěpení do životního prostředí, jak vzduchem, tak z prosakující vody. Téměř ihned po nehodě začaly rozhovory představitelů Evropské komise s národními jadernými dozory zemí EU a v rámci Asociace západoevropských jaderných dozorů - WENRA a Vysoké skupiny pro jadernou bezpečnost – ENSREG o nutnosti nového zhodnocení odolnosti evropských jaderných elektráren vůči extrémním externím vlivům. Následně se rozběhl **program zátěžových testů**, který byl zaměřen na výjimečné potenciální příčiny havárií. Předmětem byly zejména přírodní katastrofy jako zemětřesení, záplavy a tsunami a analýzy jejich důsledků, které by mohly vést až k úplné ztrátě bezpečnostních funkcí. Po čase došlo k rozhodnutí o povinnosti provedení hodnocení odolnosti zařízení vůči extrémním vlivům pro provozovatele jaderných elektráren v členských zemích EU. [33]

10.1 Zátěžové testy

Základním cílem zátěžových testů bylo nalézt odpovědi na následující otázky:

- *Nemůže být bezpečnost našich jaderných elektráren ovlivněna chybami v projektu či umístění?*
- *Jsou dostatečně odolné vůči extrémním přírodním událostem (zemětřesení, záplavy, ...), a to i takovým, které se za dobu provádění záznamů na našem území nevyskytly, ale teoreticky se vyskytnout můžou?*
- *Jaké jsou jejich rezervy maximální myslitelné havárie (ztrátě bezpečnostních funkcí) vynucené i kombinacemi nepříznivých událostí?*
- *Existují rozumně aplikovatelná opatření (technická a organizační) pro zvýšení těchto rezerv bezpečnosti vůči maximální myslitelné havárii? [34]*

Zaměření zátěžových testů je tedy na opětovné hodnocení lokality, kde jaderné elektrárny fungují. Jde o snahu nalezení i těch nejméně pravděpodobných scénářů, při kterých může dojít k ohrožení bezpečnosti těchto elektráren. Při hodnocení se pro případy extrémních přírodních událostí hledá nejhorší scénář podle hesla „cokoliv je fyzikálně možné, může se stát“. Poté byl znovu hodnocen projekt jaderné elektrárny a jeho modifikace z pohledu schopnosti na tyto události adekvátně reagovat a zvládnout je bez významnějšího úniku radiace mimo areál elektrárny. V rámci zátěžových testů bylo také provedeno zhodnocení odolnosti jaderných elektráren dané projektem a fyzikálními zákony, proti extrémním událostem, které by mohly vést k těžké havárii při postupném vyřazování všech stávajících projektových obranných mechanismů zařízení. [33]

Zátěžové testy doplňují robustní systém procesů hodnocení a analýz prováděných průběžně na národní úrovni. Postupně se také příkládá větší význam mezinárodní spolupráci, což přispívá k neustálému se zvyšování úrovně jaderné bezpečnosti. V České republice je bezpečnost místních jaderných elektráren hodnocena a kontrolována Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, přesně podle zásad a požadavků dobré mezinárodní praxe. [33]

10.2 Reakce SÚJB na nehodu JE Fukušima a zátěžové testy v ČR

SÚJB neprodleně po havárii jaderné elektrárny Fukušima I povolal experty, kteří měli za cíl vyhodnotit situaci na základě analýz obdržených zpráv z Japonska. Dále měli zajistit komunikaci a objektivní informování veřejnosti o situaci a paralelně udržovat pracovní komunikaci se zástupci držitele povolení k přípravě zpráv a informací požadovaných Evropskou komisí po této havárii. Ve spolupráci s Centrem výzkumu Řež byla vytvořena webová stránka, na kterých se mohli občané ptát na svoje dotazy ohledně události elektrárny Fukušima I - Daiiči. Analytická skupina Státního ústavu radiační ochrany (dále jen „SÚRO“) zase připravovala v prvních dnech zprávu o aktuální situaci, reakcích a postojích ve světě a o aktuální radiační situaci na území ČR. [33]

Na konci května 2011 sdělil SÚJB oficiálně požadavek Evropské komise na provedení zátěžových testů na jaderných elektrárnách Dukovany a Temelín. Celkově tyto testy potvrzují efektivitu a správnost dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření ke z odolnění. [33]

10.2.1 Výsledky zátěžových testů v ČR

Vydané zprávy hodnotí charakteristiku JE Dukovany, JE Temelín a jejich lokalit na základě znalostí, které vyplývají z bezpečnostních studií, analýz, průzkumů, historických zkušeností a inženýrského odhadu. Dále také na základě znalostí týkajících se současného výskytu několika nadprojektových a nepravděpodobných situací a poruch, jejichž kombinací může dojít k hypotetickému havarijnímu stavu bloku s předpokládanou četností výskytu jedenkrát za 1 000 000 let provozu jaderné elektrárny nebo ještě menší. [33]

Hodnocení zahrnují:

- *posouzení projektových požadavků a soulad s jejich plněním,*
- *posouzení odolnosti, robustnosti vůči nadprojektovým stavům (bezpečnostní rezervy, diverzita, redundance, fyzická separace, atd.) a efektivity systému ochrany do hloubky, včetně identifikace hraničních stavů (cliff edge effects) a případných opatření jak se těmto hraničním stavům vyhnout,*
- *identifikaci všech prostředků k udržování 3 základních bezpečnostních funkcí (reaktivita, chlazení paliva, omezení úniků) i podpůrných funkcí (elektrické napájení, odvod tepla do koncového jímáče) a zvažuje efektivní možnosti k dalšímu zlepšení ochrany do hloubky. [35]*

Výsledky zátěžových testů potvrdily existenci bezpečnostních a časových rezerv a vysokou odolnost obou jaderných elektráren proti extrémním vnějším vlivům. Zejména ohledně seismického rizika byla potvrzena správnost již dříve přijatých rozhodnutí k implementaci opatření pro zvýšení odolnosti původních projektů elektráren. Na žádné elektrárně nebyl nalezen stav, který by bylo nutné neprodleně řešit a obě jsou také schopny bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení jejich okolí. [33]

10.2.2 JE Dukovany

Výsledky zátěžových testů na JE Dukovany našla rizika při extrémních atmosférických podmínkách jako např. extrémní vítr či ztráta napojení na vnější energetickou síť, a lokální rizika z interních záplav, zejména při extrémně silných přívalových deštích a při selhání odvodu těchto vod z areálu. Dále se objevila rizika při narušení infrastruktury okolí, jako střídání směn či evakuace a rizika při těžkém postižení celé lokality. [33]

K silným stránkám elektrárny patří zejména lokalita, kde je minimální riziko seismické aktivity a vnějších záplav. Dále silná robustnost a konzervativnost projektu, který je připraven pro náročné podmínky a možnost využití požárních čerpadel pro odvod tepla. K silným stránkám elektrárny z pohledu vnějších rizik se také řadí dvě velké vodní nádrže na doplňování surové vody a velká zásoba chladicí vody,

kteře se nacházejí uvnitř elektrárny. Její součástí jsou také kompaktní bazény použitého jaderného paliva, které zajišťují podkritičnost paliva i při zaplavení čistou vodou. Projekty také procházejí stálou kontrolou a aplikují se zde nové relevantní poznatky. [33] [35]

I přes velmi vysokou úroveň bezpečnosti provozu na JE Dukovany, zde byly identifikovány možnosti jejího dalšího zvýšení v preventivní i následné fázi rozvoje extrémních stavů. Tyto možnosti jsou zejména:

- *doplnění dalších mobilních zdrojů elektrického napájení a mobilních zařízení pro čerpání medií, nezávislých a plně oddělených od stávajících projektových systémů (napájením, dislokací, apod.),*
- *optimalizace organizace a školení personálu pro řízení extrémních situací (např. při zasažení více bloků JE, při ztrátě řídicích center, systémů komunikace, apod.),*
- *rozšíření kapacity zařízení pro likvidaci vodíku při těžkých haváriích a tím zvýšení odolnosti kontejnmentu. [35]*

10.2.3 JE Temelín

Mezi nalezená rizika této elektrárny patří vysoké měrné výkony aktivní zóny reaktorů, z čehož vyplývají menší časové rezervy pro obnovení bezpečnostních funkcí po jejich ztrátě, rizika kumulace vodíku při nadprojektové havárii a rizika při extrémních atmosférických podmínkách, což může být např. zamrzání nafty ve vnějších zásobních nádržích či ztráta napojení na vnější energetickou síť. Dále to jsou lokální rizika interních záplav a rizika při narušení kritické infrastruktury v okolí nebo při těžkém postižení celé lokality. [33]

Mezi silné stránky JE Temelín z pohledu vnějších rizik patří zejména vhodně vybraná lokalita, která je seizmicky a klimaticky velmi stabilní oblastí. Tato lokalita je také málo osídlená a prakticky vylučuje jakékoliv vnější záplavy na elektrárně. Jedná se o projekt, který prochází stálou mezinárodní kontrolou a prověřováním s aktuálními bezpečnostními požadavky. K silným stránkám elektrárny dále patří

robustnost a konzervativnost projektu připraveného zvládat i velmi náročné podmínky. Nalézají se zde velká zásoba chladicí vody uvnitř elektrárny a velká vodní nádrž na doplňování surové vody. Součástí projektu je také kompaktní bazén použitého jaderného paliva, který se nalézají uvnitř plnotlakého kontejnmentu. [33] [35]

Na základě provedených rozborů byly identifikovány další možná opatření ke zvýšení odolnosti na JE Temelín. Tato opatření jsou stejná jako navrhovaná opatření na JE Dukovany, navíc však lze uvést například zvýšení odolnosti stávajících objektů dieselgenerátorů proti vnější záplavě, instalace dalších stacionárních a mobilních dieselgenerátorů či zajištění dopravy nafty alternativním způsobem. [33] [35] V rámci zvýšení odolnosti jaderné elektrárny Temelín zde byly nově instalovány station blackout dieselgenerátorové stanice. (viz. Obrázek 6 a 7)



Obrázek 6 - Nově instalovaná station blackout dieselgenerátorová stanice na JE Temelín [36]



Obrázek 7 - Nově instalovaná station blackout dieselgenerátorová stanice na JE Temelín [36]

11. DISKUZE

Havarijní plánování se časem mění a postupně vyvíjí. K jeho „zdokonalování“ přispívají zejména analýzy a vyhodnocení havárií a nehod jaderných elektráren. Po každé takové události je potřeba zjistit důvody a zavinění a zajistit, aby se do budoucna podobné chyby neopakovaly.

Mezinárodní agentura pro atomovou energii a Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (dále jen „ICRP“) již na konci 70. let doporučovaly vytváření havarijních plánů jaderných elektráren a jejich okolí, tj. plány ochrany obyvatelstva, hospodářství a ekonomiky. Významnou roli v doporučeních ohledně jaderné bezpečnosti a radiační ochrany sehrálo také vyhodnocení průběhu a následků havárie jaderné elektrárny Three Mile Island (r. 1979). [37] [38]

Tato doporučení upravovala především:

- *Kritéria pro umístování, výstavbu a provoz jaderných elektráren,*
- *Nové požadavky na funkci a postavení státních dozorců - nad jadernou bezpečností a nad ochranou zdraví obyvatel a pracovníků se zářením – kontrolujících naplnění stanovených kritérií,*
- *Požadavky na systém krizového řízení – na strukturu systému, na odpovědnosti a kompetence provozovatele/držitele licence k provozu, správních/samosprávných orgánů, na jimiž spravovaném území leží jaderné elektrárny, orgánů s celostátní působností a majících kompetence a úkoly v systému havarijní připravenosti,*
- *Požadavky na zpracování havarijních plánů.* [37]

Součástí **havarijních plánů** jaderných elektráren se staly postupy a kritéria pro zavádění opatření na ochranu pracovníků jaderných elektráren a obyvatel v jejím okolí při vzniku jaderné havárie a opatření ke snížení a likvidaci následků těchto havárií. Havarijní plány však měly svá omezení. Měly obsahovat i opatření pro případy havárií větších než maximální projektové havárie, ale nebyla zde stanovena kritéria, jaké z možných nadprojektových havárií by měly být z hlediska plánování brány v potaz. [37] [38]

Opatření na ochranu obyvatelstva byla plánována s ohledem na *možné expoziční cesty, na množství radioaktivních látek, které by mohly při havárii uniknout, na předpokládaný časový vývoj úniku a na reálné meteorologické podmínky a vzdálenost od zdroje úniku*. V průběhu havárie Černobylu se však ukázalo, že aplikace těchto opatření nebyla optimální, a to zejména z důvodu špatné interpretace některých kritérií. [37]

V tehdejší ČSSR byl systém havarijní připravenosti tvořen v souladu s doporučeními přijatými RVHP (Rada vzájemné hospodářské pomoci) vycházejícími z mezinárodních doporučení IAEA a ICRP. Stanovily, že od roku 1979 bylo možné budovat jaderné elektrárny s reaktory typu WWER-440 (typ tlakovodního reaktoru, jehož koncepce je využívána i dnes na území ČR), za určitých podmínek. Tedy, že havarijní plán musí obsahovat opatření i pro případy větších než maximálních projektových havárií. [37]

Mezi léty 1979 a 1980 byla schválena řada dokumentů. Jedním z nich byla příručka „Ochrana obyvatelstva a opatření v národním hospodářství při radiační havárii jaderného energetického zařízení“. Ta popisovala *systém kompetencí orgánů odpovědných za havarijní připravenost a řízení v případě radiační havárie, obsahovala i požadavky na zpracování havarijních plánů a popisovala opatření, která měla být plánována a zaváděna v případě radiační havárie*. Dále byly ustanoveny územně příslušné havarijní komise v rovině státní, krajské a okresní. ČSSR dále plánovala připravit systém vyrozumění, jehož úkolem bylo včasné informování odpovědných orgánů a institucí o nastalé havárii, a systém varování obyvatelstva. V plánu se objevil i systém monitorování nadešlé havárie a opatření na ochranu obyvatel rozdělená na neodkladná a následná. [37]

Po havárii v Černobylu roku 1986 je však patrné, že až takový rozsah havárie a škody, které havárie způsobila, nebyla absolutně předvídána, a byl tak šokem pro všechny národní autority odpovědné za havarijní připravenost v zemích provozujících jaderné elektrárny. Na základě faktů a zkušeností, které vycházejí z vyhodnocení průběhu havárie a z realizace provedených opatření, je možné formulovat některá doporučení. [37] [38]

Jedná se zejména o nutnost provozování funkčních systémů varování nejen pro období vzniku havárie či zavádění neodkladných opatření, ale i pro období zavádění

pozdějších opatření, včetně zpětného zjištění akceptace daného opatření veřejností. Dalším doporučením bylo vytvořit mezinárodně akceptovatelné báze kritérií pro zajištění jaderné bezpečnosti a požadavků radiační ochrany a vytváření postupů pro zavádění ochranných opatření. [37] [38]

V rámci tendence snížení pravděpodobnosti vzniku jaderné havárie a zajištění bezpečného provozu jaderných elektráren se přijala Úmluva o včasném oznamování jaderné havárie a Úmluva o vzájemné pomoci v případě jaderné havárie a radiologické nehody. Jejich hlavním cílem se stalo zabránění nedostatečnému či pozdnímu oznámení mimořádných události, které mohou mít extrémní důsledky. Rovněž se také přijala Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, která má velký význam při usnadnění komunikace a dorozumění, jak mezi odborníky, tak s veřejností, v případech vzniku mimořádné události na jaderných zařízeních. Dnes už je rozšířená i na události mimo jaderná zařízení, spojená s nakládáním s radioaktivními látkami nebo s činnostmi, při kterých dochází k ozáření osob. [37]

Pro zkvalitnění hodnocení pravděpodobnosti vzniku nadprojektových a těžkých havárií byl vytvořen program zvládání těžkých havárií (Severe Accident Management). Tento program tvoří systém havarijních provozních postupů, instrukce na zvládání havárií a systém připravenosti na realizaci nutných opatření na zabránění havárie nebo potlačení jejich následků. Na počátku 90. let byl zahájen proces zpracování těchto postupů a instrukcí i na jaderných elektrárnách v České republice – na JE Dukovany a JE Temelín. [37] [38]

Dalším významným krokem bylo stanovení **Zón havarijního plánování** (dále jen „ZHP“), v nichž by se plánovala neodkladná opatření. Tendence ke stanovení ZHP již byly před havárií v Černobyli, ovšem tato událost přispěla k pozměnění koncepcí vytváření ZHP. V současné době se okolí jaderné elektrárny dělí na plochu vlastního zařízení, která je pod kontrolou a odpovědností provozovatele jaderné elektrárny, a na oblast v okolí zařízení. [37]

Mezi jadernými haváriemi Fukušimou a Černobylem existuje několik zásadních rozdílů. Z jednoduchého technického pohledu, byly u havárie v Černobyli primárním důvodem hrubé chyby obsluhy, zatímco spouštěčem u havárie Fukušimy tím byla živelná pohroma (zemětřesení a následná tsunami). Dopad havárie Fukušima - Daiiči na Českou republiku byl extrémně nízký, zejména z hlediska polohy, která je na druhé

straně zeměkoule. [39] Černobylská havárie měla na Českou republiku mnohem větší dopad. V roce 1986 byly totiž po této havárii naměřeny hodnoty kontaminace 1000x větší, než po havárii ve Fukušimě. [24]

Dalším ze zásadních rozdílů je, že při havárii v Černobyli byla vyvržena i část vyhořelého paliva a ven se dostalo i plutonium a další transurany, ve Fukušimě však udržely kontejnment a reaktorová nádoba všechno palivo uvnitř a ven se dostaly jen těkavější produkty štěpení. Dalším poměrně důležitým rozdílem je, že než nastal ve Fukušimě únik radioaktivity, uplynulo dost času, aby mohla být provedena evakuace obyvatelstva a pracovníci elektrárny se mohli na práci v zamořeném prostředí připravit. Zatímco okolní obyvatelstvo Černobyli, avšak i její pracovníci, ani nevěděli, že je prostředí okolo nich radioaktivní, a tak dozimetrická opatření u elektrárny a evakuace civilního obyvatelstva proběhly s velkým zpožděním. I to bylo důvodem, proč byla celková dávka i dávka spojená s vnitřní kontaminací radioaktivním jodem značně vyšší. [24]

Jedním z důvodů, proč se údajně nemůže stát jiná havárie podobná té ve Fukušimě, jsou rozdíly v přístupu lidí a institucí odpovědných za provoz elektrárny a jaderný dozor. V Japonsku byl úřad pro jadernou bezpečnost podřízen ministerstvu průmyslu, čímž se dostával do konfliktu zájmu. Zatímco úřad měl odpovídat za úroveň bezpečnosti jaderných zařízení, nadřízené ministerstvo mělo v popisu práce podporu jaderné energetiky. Po havárii byla také společnost TEPCO označena za výjimečně nedbalou, zejména z hlediska dlouholetého porušování pravidel včetně zatajování důležitých údajů. [40]

Paradoxem jaderné havárie Fukušima - Daiiči je, že po 40 let nepřetržitě úspěšně vyráběla energii a selhala až v době, kdy přestala pracovat kvůli selhání konečného ochlazování. O účinnosti a potřebě jaderné energetiky svědčí fakt, že se staví stále nové jaderné elektrárny. Zejména v oblasti Číny a Indie potřeba jaderné energie rapidně vzrůstá. O tom vypovídá i plán Číny, ve kterém chtějí postavit až 70 reaktorů do roku 2030. Dle mého názoru, při tomto tempu pravděpodobně nejsme schopni se další havárii vůbec vyvarovat. Dnešní reaktory však nejsou v drtivé většině typu Fukušimského či Černobylského, a tak nehrozí stejná nebezpečí jako při těchto haváriích. [41]

Největším rozdílem ve výstavbě jaderných elektráren po havárii ve Fukušima - Daiiči je, že se reaktory dále nesmí stavět na seismicky aktivních zónách. Celkem 20 % jaderných elektráren je však stále postaveno v oblastech se zemětřesením. Nejvíce postavených reaktorů v seismicky aktivní zóně má ostrovní Japonsko, kde se jich nachází celkem 54. Důvodem pro toto „riskování“ je, že v Japonsku žije velké množství lidí na březích, kde jsou téměř nulové energetické suroviny, ale energii tito lidé stále potřebují a nic vhodnějšího než jaderná energie prozatím nebylo vymyšleno. V takovýchto případech je nutné si položit otázku, zda užitek z jaderné energie opravdu převažuje nad rizikem. [34] [41]

Pokud porovnáme změny v havarijním plánování po havárii v Černobylu a po havárii ve Fukušimě, zjistíme, že aplikovaných opatření po Černobylu bylo mnohem víc. Havarijní plánování v době, kdy vznikla tato havárie, nebyla na takové úrovni jako v roce 2010, a tak bylo potřeba zajistit zlepšení v oblasti ochrany obyvatelstva. Změny havarijního plánování po havárii Fukušima – Daiiči tak markantní nebyly. Z hlediska toho, že se jednalo o havárii vzniklou extrémní přírodní katastrofou, nadprojektovým zemětřesením a tsunami, tak se v ČR provedly zmíněné Zátěžové testy, které měly doplnit stávající systém havarijního plánování. Jejich cílem bylo zejména nalézt i ty nejméně pravděpodobné scénáře, při kterých může dojít k ohrožení bezpečnosti elektráren JE Dukovany a JE Temelín.

Výsledky zátěžových testů v České republice potvrdily existenci bezpečnostních a časových rezerv a vysokou odolnost obou jaderných elektráren proti extrémním vnějším vlivům.

Státní úřad pro jadernou bezpečnost také konstatoval dosavadní poučení z jaderné havárie Fukušima Daii-či, ve které uvádí, že přes všechno úsilí, znalosti a schopnosti nemůžeme jadernou havárii nikdy zcela vyloučit a musíme být schopni ji případně zvládnout tak, aby lidé v okolí byli postiženi co možná nejméně. Dále zde uvádí, že k vážné havárii může dojít v důsledku mnohočetného selhání zařízení vyvolaného extrémní přírodní událostí a možnost havárie více bloků ze stejné příčiny a ve stejné době. Nejdůležitějším poznatkem a konstatováním je, že klíčovým předpokladem pro prevenci jaderných havárií je správné pochopení a aplikace principu ochrany do hloubky a dostatečná robustnost jednotlivých bariér, které se věnují právě zátěžové testy. [34]

12. VYHODNOCENÍ CÍLŮ PRÁCE

V bakalářské práci bylo stanoveno několik cílů. Prvním cílem bylo přiblížit problematiku radiačních havárií. V teoretické části byl vysvětlen pojem radiační havárie, bylo zde vysvětleno, co radiační havárie způsobují a byly představeny organizace zabývající se zajištěním bezpečnosti při provozu jaderných elektráren.

Druhým cílem bylo provést analýzu a zhodnocení jaderné havárie Fukušima - Daiiči. Na konci teoretické části byl podrobně popsán vznik a vývoj havárie a dále byly rozebrány její následky.

Třetím cílem bylo shromáždění ochranných opatření a požadavky, které byly vytvořené bezprostředně po havárii Fukušima - Daiiči. V praktické části byly uvedeny spolu s důsledky havárie také neodkladná aplikovaná opatření.

Čtvrtým cílem bylo zjistit míru ovlivnění havárie na havarijní připravenost v České republice. V praktické části se tímto cílem zabývá provádění zátěžových testů na jaderných elektrárnách v České republice a dále je probírán v diskuzi, kde se ovlivnění havárie Fukušima - Daiiči porovnává s opatřeními po jiných haváriích, zejména po havárii v Černobyli.

13. ZÁVĚR

Havárie jaderné elektrárny Fukušima - Daiiči je současně jednou z největších průmyslových havárií a jistě ji lze označit jako jeden z dalších milníků v historii jaderné energetiky. Co se týče počtu obětí, je však poměrně zanedbatelná. I přes to, že v důsledku zemětřesení a tsunami zahynulo na dvě desítky tisíc lidí, se informovanost, zejména v Evropě, zúžila právě na havárii jaderné elektrárny, při které ani nedošlo k žádné přímé oběti. V tomto případě panika, kterou kvůli hrozbě radiace mohou vyvolat media i politici, představuje mnohem větší nebezpečí, než skutečné ohrožení radiací. [42]

Analýza důvodů, které k havárii vedly, přinesla poučení, která zvyšují bezpečnost jaderné energetiky. Je zřejmé, že žádná výroba energie není úplně bez rizika a negativních dopadů, a ani do budoucna možnost havárie u jaderných elektráren nelze úplně vyloučit. Jaderná zařízení však stále patří k těm s nejméně oběťmi na jednotku vyrobené elektřiny. Lze také konstatovat, že průběh fukušimské havárie výrazně zvedl zájem o jadernou bezpečnost a radiační ochranu stejně jako o činnost úřadu a jadernou legislativu obecně. [43]

Tato práce byla zaměřená zejména na shromáždění ochranných opatření, které byly vytvořeny bezprostředně po havárii a na jejich aplikování v České republice. V současném stavu řešené problematiky je uveden legislativní rámec havarijní připravenosti jaderných zařízení.

V teoretické části byla přiblížena problematika radiačních havárií, rozdíl mezi radiační havárií a radiační nehodou, a byly zde uvedeny organizace zabývající se zajištěním bezpečnosti při výrobě a využívání jaderné energie a jejich činnost v této oblasti. Blíže zde byla popsána Mezinárodní agentura pro atomovou energii, Státní úřad pro jadernou bezpečnost a společenství Euratom. Je zde uvedena také stupnice INES, která zařazuje jakékoliv události spojené s radioaktivním materiálem nebo s radiací do sedmi stupňů. Dále zde byly uvedeny některé případy havárií z minulosti před havárií ve Fukušimě, a to havárie, které se staly na území Japonska a mimo Japonsko a které přispěly k formování havarijní připravenosti, jakou ji známe dnes. Tyto havárie byly dále zohledněny při porovnávání

aplikovaných opatření po některých haváriích ve světě, především po havárii Three Mile Island a po havárii v Černobylu.

V praktické části jsou uvedena ochranná opatření a požadavky, které byly vytvořeny po havárii a jejich ovlivnění havarijní připravenosti v České republice. V této části jsem se nejvíce zabývala Zátěžovými testy, které byly provedeny na obou jaderných elektrárnách v České republice, na JE Dukovany a JE Temelín a byly zde uvedeny jejich výsledky.

V poslední části práce, v diskuzi, bylo provedeno porovnání ovlivnění havarijní připravenosti po havárii ve Fukušimě s ovlivněním havarijní připravenosti po jiných haváriích. Nejvíce zde byly porovnány s rozdíly po havárii v Černobylu, který byl spolu s havárií Fukušima - Daiiči nejzávažnější jadernou havárií na světě. Dále také vývoj havarijní připravenosti po těchto haváriích, porovnání jejich dopadů na Českou republiku a porovnání příčin havárií. Dále je zde uvedeno dosavadní poučení z jaderné havárie ve Fukušimě.

Závěrem lze konstatovat, že jaderná havárie Fukušima - Daiiči výrazně přispěla ke zdokonalení havarijní připravenosti v České republice, a to zejména rozšířením havarijních plánů o opatření pro případy havárií větších než maximální projektové havárie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MIK, Martin. Jaderné havárie. Brno, 2013. Bakalářská práce. VUT - FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ. Vedoucí práce Ing. Jitka Matějková.
- [2] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Fukušimská havárie [online] Praha, 2012. Poslední změna článku: 3. 8. 2012, 9:30 [cit. 20. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/aktualne/detail/clanek/fukusimska-havarie-rok-pote/>.
- [3] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Vznik a vývoj SÚJB [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/vznik-a-vyvoj-sujb/>.
- [4] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Vládní návrh nového Atomového zákona [online] Praha, 2015. [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/novy-atomovy-zakon/NAZ.pdf>.
- [5] SMETANA, Marek, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ a Danuše KRATOCHVÍLOVÁ. Havarijní plánování. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 165 s. ISBN 978-80-251-2989-0.
- [6] MIKA, Otakar J a Lubomír POLÍVKA. Radiační a chemické havárie. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5.
- [7] SKUPINA ČEZ. Jaderná bezpečnost [online] [cit. 19. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/odpovedna-firma/bezpecnost/jaderna-bezpecnost.html>.

- [8] MINISTERSTVO ZAHRANIČNÍCH VĚCÍ. Mezinárodní agentura pro atomovou energii (International Atomic Energy Agency; IAEA) [online] Praha. [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: http://www.mzv.cz/mission.vienna/cz/organizace_v_pusobnosti_mise/ostalni_mezinarodni_organizace/mezinarodni_agentura_pro_atomovou/index.html.
- [9] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Stupnice INES [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/stupnice-ines/>.
- [10] SKUPINA ČEZ. Kultura bezpečnosti. [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/odpovedna-firma/bezpecnost/kultura-bezpecnosti.html>.
- [11] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Principy a praxe radiační ochrany. 1. vyd. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, 619 s. ISBN 80-238-3703-6.
- [12] Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění.
- [13] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Radiační monitorovací síť [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/havarijni-pripravenost/radiacni-monitorovaci-sit-rms/radiacni-monitorovaci-sit/>.
- [14] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Evropské společenství pro atomovou energii - Euratom [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/evropska-unie/evropske-spolecenstvi-pro-atomovou-energii-euratom/>.
- [15] SKUPINA ČEZ. Mýty a realita [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/realita-a-myty-o-jaderne-energii.html>.

- [16] SKUPINA ČEZ. Jaderná energetika ve světě [online] [cit. 1. 5. 2016].
Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/je-ve-svete.html>.
- [17] CARBONBRIEF. The trouble with Europe's ageing nuclear power plants [online]
Poslední změna článku: 29. 8. 2014, 11:35. [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://www.carbonbrief.org/the-trouble-with-europes-ageing-nuclear-power-plants>
- [18] RADIOAKTIVITA. Three Mile Island 1979 - Největší jaderná havárie na západě
[online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://radioaktivita.cz.sweb.cz/mileisland.htm>.
- [19] ECONNECT Zpravodajství. Havárie a nehody jaderných elektráren nejsou
výjimkou [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://www.ecn.cz/ENV/Temelin/c11/NEHODY.HTM>.
- [20] RADIOAKTIVITA. Jaslovské Bohunice 1977 - Největší jaderná havárie
v Československu [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://radioaktivita.cz.sweb.cz/bohunice.htm>.
- [21] ENERGIA. Jadrová energetika na Slovensku [online] Poslední změna článku:
16. 12. 2011 [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://energia.dennikn.sk/dolezite/jadrova-energia/jadrova-energetika-na-slovensku/5428/>.
- [22] SKUPINA ČEZ. Havárie jaderných elektráren [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné
z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/havarie_7.html.
- [23] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. 10 let od havárie jaderného
reaktoru v Černobyli - důsledky a poučení [online] Praha, 1996.
[cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/10let_od_Cernobyli.pdf.

- [24] WAGNER, Vladimír. Fukušima I poté. Vydání první. Praha: Novela bohémica, 2015. ISBN 978-80-87683-45-3.
- [25] ECONNECT Zpravodajství. Temelín - noviny. [online] [cit. 1. 5. 2016].
Dostupné z:
<http://www.ecn.cz/ENV/Temelín/noviny/1.a2.cis96/jader.el96.html>.
- [26] Tokaimura nuclear accident [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Tokaimura_nuclear_accident#In_1997.
- [27] OSEL - Objective Source E-Learning. Zpráva komise japonského parlamentu o havárii ve Fukušimě I [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://www.osel.cz/6360-zprava-komise-japonskeho-parlamentu-o-havarii-ve-fukusime-i.html>.
- [28] NUCLEAR INFORMATION AND RESOURCE SERVICE. The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
www.nirs.org/fukushima/naiic_report.pdf.
- [29] CNN. Q&A: What has quake done to Japanese nuclear reactors? [online] Poslední změna článku: 13. 3. 2011. [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<http://edition.cnn.com/2011/WORLD/asiapcf/03/12/japan.nuclear.questions/>.
- [30] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Vznik a vývoj havárie na jaderné elektrárně Fukushima Dai-ichi [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
<https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/Fukusima/Vznikhavarie.pdf>.
- [31] Fukushima Daiichi nuclear disaster [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z:
http://www.wikiwand.com/en/Fukushima_Daiichi_nuclear_disaster.

- [32] VTEI - VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE. Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí [online] [cit. 19. 5. 2016]. Dostupné z: http://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf.
- [33] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Souhrn průběhu nehody v JE Fukušima Dai-ichi [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/souhrn_final_draft-_2_.pdf.
- [34] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Fukušima - rok poté: co jsme se dosud naučili? [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/Fukusima/PrezentaceDD.pdf>.
- [35] SKUPINA ČEZ. Provedení a výsledky zátěžových testů JE Temelín [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/zatezove-testy-eu/provedeni-a-vysledky-zatezovych-testu-je-temelin.html>.
- [36] Archiv Jaderné elektrárny Temelín.
- [37] STÁTNÍ ÚSTAV RADIČNÍ OCHRANY. Co přinesl Černobyl v oblasti havarijní připravenosti [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/co_prinesl_cernobyl_pro_havarijni_pripavenost.pdf
- [38] EDITOR, J. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford, England: Published for the International Commission on Radiological Protection by Elsevier, 2007. ISBN 9780702030482.
- [39] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Události v JE Fukushima a otázky související [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.euroskop.cz/gallery/60/18138-fukushima.ppt>.

- [40] TEMELÍN. Fukušima a ochota zavřít oči před následky jaderných havárií (1. část) [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: http://www.temelin.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=621:havarie&catid=45:bezpecnost-atomu&Itemid=92.
- [41] Hrozba jménem Fukušima [Nuclear Meltdown] [Dokumentární film].
Režie Joe Taylor. USA, 2011.
- [42] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Činnosti SÚJB spojené s událostmi na jaderných elektrárnách v Japonsku [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/Fukusima/cinnostiSUJB.pdf>.
- [43] OENERGETICE. Následky havárie v jaderné elektrárně Fukushima - Daiichi [online] Poslední změna článku: 17. 3. 2015, 16:12. [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-svet/nasledky-havarie-v-jaderne-elektrarne-fukushima-daiichi/>.
- [44] NEA - NUCLEAR ENERGY AGENCY. Locations of nuclear power plants in Japan [online] [cit. 1. 5. 2016]. Dostupné z: <https://www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-02.html>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR – Česká republika

ČSSR - Československá socialistická republika

ENSREG – European Nuclear Safety Regulators Group - Vysoká skupina pro jadernou bezpečnost

EU – Evropská unie

IAEA – International Atomic Energy Agency - Mezinárodní agentura pro atomovou energii

ICRP – International Commission on Radiological Protection - Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu

INES - The International Nuclear Event Scale - Mezinárodní stupnice jaderných událostí

JE – Jaderná elektrárna

NISA - Nuclear and Industrial Safety Agency – Agentura pro jadernou a průmyslovou bezpečnost

OSN – Organizace spojených národů

RMS – Radiační monitorovací síť

RVHP - Rada vzájemné hospodářské pomoci

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRO – Státní úřad radiační ochrany

TEPCO - Tokyo Electric Power Company - Tokijská elektrárenská společnost

WENRA - Western European Nuclear Regulators Association - Asociace západoevropských jaderných dozorců

ZHP – Zóna havarijního plánování

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 - Stupnice INES..... | 15 |
| Obrázek 2 - Rozmístění a stáří jaderných elektráren na území Evropy..... | 21 |
| Obrázek 3 - Umístění jaderných elektráren Fukushima Daiichi a Fukushima Daini | 29 |
| Obrázek 4 - Přehled japonských elektráren | 30 |
| Obrázek 5 - Výška vlny tsunami, která zasáhla jadernou elektrárnu Fukušima - Daiiči přibližně 50 minut po zemětřesení..... | 31 |
| Obrázek 6 - Nově instalovaná station blackout dieselgenerátorová stanice na JE Temelín | 40 |
| Obrázek 7 - Nově instalovaná station blackout dieselgenerátorová stanice na JE Temelín | 41 |