Zdravotně sociální fakulta
Faculty of Health and Social Studies

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

Srovnání znalostí laiků a odborníků o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: OCHRANA OBYVATELSTVA

Autor: Bc. Vojtěch Šplíchal

Vedoucí práce: doc. RNDr. Přemysl Záškodný CSc.

České Budějovice 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem ***Srovnání znalostí laiků a odborníků o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín*** 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 diplomové 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 diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Českých Budějovicích dne 9.8. 2022

Bc. Vojtěch Šplíchal

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval doc. RNDr. Přemyslu Záškodnému, CSc.za cenné rady a vstřícný přístup po celou dobu konzultací této práce. Dále bych chtěl poděkovat osloveným odborníkům, kteří mi umožnili realizovat výzkumnou část diplomové práce.

Srovnání znalostí laiků a odborníků o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín

Abstrakt

Informovanost o mimořádné události v rámci jaderné elektrárny je důležitá z hlediska bezpečnosti zaměstnanců elektrárny a civilního obyvatelstva.

Diplomová práce je zprávou o aplikovaném kvantitativním výzkumu splňující cíl globální a tři dílčí cíle. Globální cíl v rámci diplomové práce (vývoj ochrany obyvatelstva s popisem postupného vývoje jaderných zařízení s využitím pro mírové účely, popis rizik, radiačních mimořádných událostí a opatření pro ochranu obyvatelstva, která jsou spojená s provozem jaderně energetických zařízení.) byl splněn v rámci teoretické části.

V rámci globálního cíle výzkumu byl vytvořen dotazník se základními parametry výchozí teorie (teorie ochrany obyvatelstva) a vybrané provozní parametry z oblasti provozu jaderných elektráren. Dále byly generovány tři dílčí cíle spojené s potvrzením hypotéz H1, H2 a H3.

H1: Empirické rozdělení znalostí laické veřejnosti o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín je blízké rozdělení normálnímu.

H2: Empirické rozdělení znalostí odborné veřejnosti o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín je vzdálené rozdělení normálnímu.

H3: Znalosti laické a odborné veřejnosti o antropogenních mimořádných událostech v rámci provozu JE Temelín jsou na zvolené hladině statistické významnosti odlišné.

Ověření hypotéz H1 a H2 bylo provedeno pomocí matematické a deskriptivní statistiky. Ověření hypotézy H3 bylo provedeno pomocí metod matematické analýzy. Globální cíl byl splněn za pomoci metod systémové analýzy. Pro splnění a potvrzení dílčích cílů bylo využito metod jednodimenzionálních a dvojdimenzionálních statistických analýz.

Teoretickými přínosy této práce je potvrzení aplikability jednodimenzionálních a dvojdimenzionálních statistických analýz ve spojení s výzkumem výzkumných proměnných „Znalosti laické veřejnosti“, „Znalosti odborné veřejnosti“ a „Typy teoretických rozdělení“. Praktickým přínosem je normalita znalostí u laické veřejnosti a vzdálení od normality u odborné veřejnosti. Předpoklad vzdálení

od normality u odborné veřejnosti byl potvrzen, avšak je otázkou, zda by odborníci neměli dosahovat vyšších bodových hodnocení s ohledem na pravidelnost školení pro vstup pracovníků do prostoru kontrolovaného pásma a životně důležitých prostor v rámci provozu JE Temelín.

Pro navazující práce by mohla být zjištěná vzdálenost od normality u odborné veřejnosti základem pro další zkoumání spolu s analýzou jednotlivých otázek dotazníku. To by mohlo např. vést k optimálnější strukturovanosti školení pracovníků (odborné veřejnosti) na identifikované oblasti.

Klíčová slova

Mimořádné události; ochrana obyvatelstva; jaderná elektrárna Temelín; jednodimenzionální statistická šetření; dvojdimenzionální statistická šetření

Comparison of the knowledge of laymen and experts about anthropogenic emergencies within the operation of Temelín NPP

Abstract

Awareness of an emergency within a nuclear power plant is important for the safety of plant workers and the civilian population.

This thesis is a report of applied quantitative research meeting the global objective and three sub-objectives. The global objective within the thesis (the development of the civil protection with the description of the gradual development of nuclear power plants with the use for peaceful purposes, the description of the risks, radiation emergencies and measures for the civil protection that are associated with the operation of nuclear power plants.) has been fulfilled within the theoretical part.

Within the global objective of the research, a questionnaire with the basic parameters of the initial theory (civil protection theory) and selected operational parameters from the field of nuclear power plants operation was developed. Furthermore, three sub-objectives were generated related to the confirmation of hypotheses H1, H2 and H3.

H1: The empirical distribution of the knowledge of the general public about anthropogenic emergencies within the operation of Temelín NPP is close to a normal distribution.

H2: The empirical distribution of the knowledge of the professional public about anthropogenic emergencies within the operation of Temelín NPP is far from the normal distribution.

H3: The knowledge of the general and expert public about anthropogenic emergencies within the operation of Temelín NPP is different at the chosen level of statistical significance.

The hypotheses H1 and H2 were tested using mathematical and descriptive statistics. The verification of hypothesis H3 was performed using mathematical analysis methods. The global objective was met using the methods of systems analysis. To meet and confirm the sub-objectives, one dimensional and two dimensional statistical analysis methods were used.

The theoretical contributions of this thesis are the confirmation of the applicability of one dimensional and two dimensional statistical analyses in conjunction with the research variables "Knowledge of the general public", "Knowledge of the professional public" and "Types of theoretical distributions". The practical contribution is the normality of knowledge in the general public and the distance from normality in the professional public. The assumption of a distance from normality for the expert public was confirmed, but it is questionable whether experts should score higher with regard to the regularity of training for personnel entering the controlled area and vital areas within the Temelín NPP operation.

For follow-up work, the observed distance from normality in the expert community could be the basis for further investigation along with the analysis of individual questions of the questionnaire. This could, for example, lead to a more optimal structuring of the training of the workers (professional public) on the identified areas.

Keywords

Emergencies; population protection; Temelín nuclear power plant; one dimensional statistical survey; two dimensional statistical survey

Obsah:

Úvod 11

1 Teoretická část 13

1.1 Ochrana obyvatelstva 13

1.1.1 Počátky vývoje ochrany obyvatelstva na území ČSR 13

1.1.2 Ochrana obyvatelstva do roku 1989 15

1.1.3 Ochrana obyvatelstva od roku 1990 do současnosti 16

1.2 Mimořádné události a hrozby 18

1.3 Členění mimořádných událostí 19

1.3.1 Přírodní (naturogenní) mimořádné události 19

1.3.2 Mimořádné události způsobené lidskou činností (antropogenní) 21

1.4 Počátky jaderné energetiky 23

1.4.1 První řízený reaktor 24

1.4.2 První výroba el energie 24

1.4.3 První dodávky el. energie do sítě 25

1.4.4 Jaderná energetika v ČSR 25

1.5 Jaderná elektrárna Temelín 28

1.5.1 Primární okruh – základní popis 29

1.5.2 Sekundární okruh – základní popis 30

1.5.3 Výroba elektřiny, vyvedení – základní popis 30

1.6 Jaderná bezpečnost 31

1.6.1 Státní úřad pro jadernou bezpečnost 31

1.6.2 Mezinárodní agentura pro atomovou energii 32

1.6.3 Sdružení provozovatelů jaderných zařízení 32

1.7 Radiační ochrana 32

1.7.1 Zdroje ionizujícího záření na I.O. JE Temelín 34

1.7.2 Princip ochrany ALARA 37

1.7.3 Havarijní ochrana pracovníků JE Temelín 37
1.7.4 Základní informace pro obyvatele při radiační mimořádné události 38
1.8 Radiační mimořádná událost 38
1.9 Havárie jaderně energetických zařízení 40
1.9.1 JE Jaslovské Bohunice 40
1.9.2 JE Three mile island 40
1.9.3 JE Černobyl 42
1.9.4 JE Fukušima I Daiichi 44
1.10 Prevence závažných havárií 46
1.10.1 Vnitřní havarijní plán 47
1.10.2 Vnější havarijní plán 48
1.11 Opatření ochrany obyvatelstva v případě vzniku MU 50
1.11.1 Varování a informování obyvatelstva 50
1.11.2 Ukrytí 51
1.11.3 Jódová profylaxe 52
1.11.4 Evakuace 52
1.11.5 Individuální ochrana 53
1.11.6 Dekontaminace 54
1.12 Statistika a metody pro výzkum 54
1.12.1 Základní metody deskriptivní statistiky 55
1.12.2 Základní metody matematické statistiky 58
2 Hypotézy, cíle práce a metodika výzkumu 62
2.1 Cíle výzkumu 62
2.1 Hypotézy 62
2.3. Metodika výzkumu 62
2.3.1 Postup ověřování hypotéz pomocí metod deskriptivní statistiky 63
3 Výsledky 65

3.1 Statistické šetření znalostí laické veřejnosti o provozu a opatřeních při mimořádných antropogenních událostech v rámci provozu JE -Temelín 65

3.2 Statistické šetření znalosti odborné veřejnosti o provozu a opatřeních při mimořádných antropogenních událostech v rámci provozu JE -Temelín 70

3.3 Parametrické testování – dvojvýběrový T-test 75

4 Diskuse výsledků 76

4.1 Splnění cílů výzkumu 76

4.2 Rozbor dotazníkového šetření 77

4.3 Verifikace výzkumných hypotéz 78

5 Závěr 82

Seznam použité literatury 84

Seznam příloh 91

Seznam obrázků a tabulek 103

Seznam zkratek 104

Úvod

Ochrana obyvatelstva v současné době zahrnuje široké spektrum opatření spojených s eliminací ohrožení osob a majetku spojených s přírodními vlivy až po rizika spojená s lidskou činností. S přírodními cykly, vývojem společnosti, lidskou činností a používáním technologií přímo úměrně narůstá riziko hrozeb pro životní prostředí a obyvatele žijící v blízkosti těchto vlivů. Každý jedinec vnímá míru rizika dle svých zkušeností a znalosti okolního prostředí individuálně, a to jak rizika přírodní, tak rizika spojená s lidskou činností. V rámci provozu velkých technologických celků, jakými jsou například jaderné elektrárny, je nutné znát a přijímat rizika spojená s tímto provozem, která jsou náležitě společensky odůvodněná a jsou přijata nezbytná opatření v rámci ochrany obyvatelstva.

Diplomová práce jako zpráva o aplikovaném kvantitativním výzkumu bude mít vytyčen globální cíl a tři dílčí cíle. Globálním cílem bude popis vývoje ochrany obyvatelstva a analýza vybraných radiačních mimořádných událostí provozu jaderně energetických zařízení s historickým vývojem jaderné energetiky se zaměřením na jadernou elektrárnu Temelín. V návaznosti s plněním globálního cíle bude pokračovat plnění dílčích cílů. Globální cíl výzkumu bude směřovat k sestavení dotazníku popisujícího základní parametry výchozí teorie (teorie ochrana obyvatelstva) v oblasti provozu jaderné elektrárny. Základními parametry budou opatření při vybraných mimořádných antropogenních událostech, které budou zaměřeny na radiační mimořádné události, v rámci provozu jaderné elektrárny a některé provozní parametry jaderné elektrárny Temelín. Globální cíl povede k vymezení dílčích cílů.

Dílčími cíli budou zkoumány znalosti laické a odborné veřejnosti o provozu a činnostech při radiačních mimořádných událostech v rámci provozu jaderných elektráren a hledání souvislostí mezi úrovněmi jejich znalostí. Dílčí cíle budou popsány vhodnými operacionalizovanými hypotézami. Znalosti laické veřejnosti by měly být distribuovány způsobem, který bude možné nahradit rozdělením normálním s gaussovskou interpretací. Znalosti odborné veřejnosti by měli podstatně převyšovat laickou veřejnost a jejich distribuce by měla směřovat k poissonovské interpretaci výsledků. V rámci porovnávání odborné a laické veřejnosti by mělo dojít k potvrzení výrazné odlišnosti na zvolené hladině statistické významnosti.

Pro potvrzení hypotéz a uskutečnění cílů bude využito vhodných metod matematické a deskriptivní statistiky. Použité metody budou mít charakter jednorozměrných a dvojrozměrných statistických analýz. Budou zkoumány vazby mezi třemi výzkumnými proměnnými – „Znalosti laické veřejnosti“, „Znalosti odborné veřejnosti“ a „Typ teoretického rozdělení“. Tato rozdělení budou společně zkoumána formou tří dvojic, kde každá dvojice bude tvořit jednu výzkumnou hypotézu v teoretické neoperacionalizované podobě. V první dvojici jsou zkoumány „Znalosti laické veřejnosti“ a „Typ teoretického rozdělení“. Druhá dvojice zkoumá „Znalosti odborné veřejnosti“ a „Typ teoretického rozdělení“. A poslední třetí dvojice zkoumá „Znalosti laické veřejnosti“ a „Znalosti odborné veřejnosti“.

1 Teoretická část

1.1 Ochrana obyvatelstva

Základní povinnosti státu dle ústavního zákonu o bezpečnosti České republiky je zajištění svrchovanosti a územní celistvosti České republiky, ochrana jejích demokratických základů a ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot je základní povinností státu. (Ústavní zákon, 1998, Čl.1).

Absolutní bezpečnost je nedosažitelná. Vždy je přijímána určitá míra rizika úměrná užitku z podstupovaného rizika (Fiala, 2010).

Nespornou rolí v míře bezpečnosti zvláště ve výrobních procesech je cena zabezpečení. Pokud náklady nutného zabezpečení překročí určitou cenovou hladinu (náklady na produkt), může být produkt vyhodnocen jako nerentabilní a jeho výroba může být ukončena, pokud se nejedná o nutnou dodávku, která je dotována jiným produktem například v rámci výrobního procesu.

Bezpečnost je definován jako schopnost systému vzdorovat předvídatelným či známým, popřípadě nahodilým vnitřním a vnějším hrozbám, které mají negativní vliv na jednotlivé prvky či systémy, pro zachování struktury systému, stability, spolehlivosti a chování (Ministerstvo vnitra ČR, 2016).

Enviromentální bezpečnost je popisována jako stav, při kterém lidská společnost a ekologický systém na sebe vzájemně působí udržitelným způsobem, jednotlivci mají dostatečný přístup ke všem přírodním zdrojům a existují mechanismy na zvládání krizí a konfliktů přímo či nepřímo spojených s životním prostředím. V tomto stavu jsou minimalizovány hrozby spojené s životním prostředím a způsobené přírodními nebo společností vyvolanými procesy (popř. jejich kombinací) ať už záměrně, nezáměrně nebo následkem nehody (Ministerstvo vnitra ČR, 2016).

1.1.1 Počátky vývoje ochrany obyvatelstva na území ČSR

Historie ochrany obyvatelstva se datuje od doby vzniku Československé republiky po první světové válce. Základem ochrany obyvatelstva v té době byla ochrana proti leteckým a chemickým útokům. Ze začátku byla ochrana uskutečňována pomocí soukromých iniciativ, které byly podpořeny ministerstvem národní obrany za přispění Československého červeného kříže. Tato podpora dala vzniknout

Ústředí obrany obyvatelstva a jejím místním výborům, která fungovala jako pomocná složka pro vojenské letectvo a obraně před napadením ze vzduchu. Tato organizace byla založena na dobrovolné činnosti členů převážně z řad Československého červeného kříže, hasičů a tělovýchovných jednotek. Počátkem 30.let bylo v činnosti až několik desítek místních výborů a v polovině třicátých let to bylo až 300 (Linhart, 2009).

Přijetí zákona o ochraně a obraně proti leteckým útokům z 11. dubna 1935 dalo vzniknout Civilní protiletecké ochraně a bylo základem státem organizované ochrany obyvatelstva v našich zemích. Schválením zákona ukončilo ústředí ochrany obyvatelstvy a místní výbory svou dobrovolnou činnost. Civilní protiletecká ochrana v této době spadala pod správu ministerstva vnitra. Největší rizika představovala velká městská aglomerace a s rozvinutým průmyslem a jinými provozy důležité z hlediska obrany státu. Hlavním úkolem organizace bylo zabezpečení proti útoku chemickými látkami pomocí plynových masek a dostatečný počet úkrytů pro obyvatelstvo. Už v této době byly úkoly spojené s ochranou obyvatelstva delegovány na orgány veřejné správy, kde byla realizace svěřena obecním a okresním úřadům. (Fiala; 2010).

Přípravou civilní protiletecké ochrany byl na úrovni obce pověřen starosta obce, který ustavoval velitele místní protiletecké ochrany svým zástupce, kde jeho úkolem bylo zpracovat plány ochrany, materiálové zajištění a personální zajištění pro případ aktivace ochrany. (Fiala; 2010).

Výrobní podniky byly rozděleny do dvou kategorií z důvodu jejich významnosti a způsobu jejich ochrany. Rozdělení do kategorií prováděl starosta se souhlasem nadřízeného politického úřadu. Do první kategorie spadaly důležité podniky spojené s obranou státu, které vyžadovaly důsledné zabezpečení. Ve druhé kategorii byly podniky menšího významu. V rámci podniků první kategorie měl vedoucí pracovník za povinnost zajistit, vybavit a vycvičit požární, zdravotnické, sanační a pořádkové jednotky, zabezpečit zásobování a inženýrské sítě pro zabezpečení podniku. (Linhart, 2009).

Druhá polovina třicátých let byla ve znamení napětí v Evropě zvláště ze strany Německa. Výcvik jednotek a příprava obyvatelstva bylo zahájeno pod úředním dohledem zákonem přijatým v roce 1937 z důvodu mezinárodní situace. Ve větších městech byla častá cvičení jednotek, kde výraznou složkou byli hasiči a letectvo. Nácviky byly často doprovázeny pasivní ochranou, která znamenala předávání informací k vlastní ochraně převážně před leteckými útoky v případě válečného konfliktu.

Činnosti pro vlastní ochranu byla rozdělena na 3 části, a to na mírovou dobu, po vyhlášení leteckého poplachu a po vyhlášení konce leteckého poplachu. Individuální ochrana byla po zkušenostech z první světové války zaměřena hlavně na ochranu proti chemickým látkám pomocí plynových masek, které v té době byly komerční záležitostí. Ministerstvo vnitra stanovilo, komu budou částečně nebo plně hrazeny náklady na pořízení plynové masky a kdo si bude pořizovat masku na vlastní náklady. Dále bylo obcím a organizacím propůjčeno množství plynových masek a plynových komor pro praktické nácviky. (Linhart, 2009).

Kolektivní ochrana před leteckými útoky byla zaměřena na budování úkrytů v rámci objektů, které byly ve vyčleněném území. Projektanti a stavaři měli za povinnost v těchto vyčleněných územích stavět budovy pro ochranu zaměstnanců. Dále byli vlastníci, popřípadě stavaři povinni zabezpečovat pravidelnou údržbu v krytech. Obce měli za povinnost vybudovat dostatečný počet krytů na svém území na své náklady. Bohužel i v této době byla ochrana obyvatelstva otázkou financí a v praxi se nezřídka stávalo, že investoři se snažili vyhnout povinnosti vybudovat a provozovat kryty pro minimalizaci nákladů. (Fiala; 2010).

V době protektorátu Čechy a Morava roku 1940 přešlo vedení civilní protiletecké ochrany pod protektorátní policii. Následující rok přešlo řízení pod říšské složky a začleněny do německé vzdušné ochrany Luftschutz až do konce války roku 1945. S koncem druhé světové války a došlo k zanedbání opatření ochrany obyvatelstva. Od roku 1946 probíhala organizovaná likvidace protiletecké ochrany ve formě odstraňování zařízení, staveb a struktur řízení protiletecké ochrany až do roku 1948. Během tohoto období nebyla zabezpečena protiletecká ochrana Československa. (Balabán; 2010).

1.1.2 Ochrana obyvatelstva do roku 1989

Vývoj civilní ochrany od roku 1948 byl v Československu zásadně ovlivněn poúnorovým vývojem na politické scéně a rozdělením světa na dva bloky. V této době byla stále ochrana obyvatel realizována pod ministerstvem vnitra. Roku v1951 bylo přijato usnesení o civilní obraně. Byla zdůrazňována obrana a její širší a aktivnější činnost. Organizační struktura byla tvořena vojenskou a nevojenskou částí. S vývojem techniky, zbraní, a především zbraní hromadného ničení, bylo nutné aktualizovat dokumenty o civilní ochraně, které proběhlo roku 1958. Na začátku šedesátých let bylo ve velké míře zahájeno budování úkrytů pro obyvatelstvo a snaha a plošné zabezpečení ochrany.

V letech 1974 až 1990 byla zákonem zavedena branná výchova která zahrnovala brannou výchovu žáků učňů a studentů, brannou výchovu vojáků v záloze a přípravu občanů k civilní obraně. Pod vlivem teorie Varšavské smlouvy byla civilní obrana převedena z působnosti ministerstva vnitra do působnosti ministerstva obrany pro zabezpečení úkolů v období branné pohotovosti státu. Další úvahy nad působností civilní ochrany byly od poloviny osmdesátých let nad využitím složek pro předcházení a likvidaci přírodních a antropogenních událostí. K tomuto využití civilní obrany nedošlo, protože chyběl zásadní dokument a konec devadesátých let přinesl další změny pro civilní obranu. (Balabán; 2010).

1.1.3 Ochrana obyvatelstva od roku 1990 do současnosti

Důležitými změnami byla nová mezinárodní situace, kdy bylo téměř eliminováno nebezpečí vypuknutí globálního konfliktu a snížení napětí mezi původním rozdělením světa na západní a východní blok. Od začátku devadesátých let byla zahájena přeměna civilní obrany na modernější způsob ochrany obyvatelstva vycházející ze zkušeností a fungujících systémů z rozvinutých zemí. Následně po přijetí zákona v roce 1992 byla civilní obrana přejmenována na civilní ochranu. Na konci roku 1993 došlo ke zrušení štábů civilní ochrany a nově civilní ochrana nezahrnovala vojáky z povolání jako v době civilní obrany a tím došlo ke snížení nákladů a zcivilnění ve výkonech státní správy. Roku 1997 došlo k významným rozhodnutím o vytvoření systému ochrany obyvatelstva následným přijetím zákonů, které jsou dodnes stěžejní pro ochranu obyvatelstva. Základní povinnosti státu byly vymezeny zákonem č. 110/1998 Sb. o bezpečnosti České republiky. Tento zákon stanovuje základní povinnost státu mezi, které patří zajištění svrchovanosti a územní celistvosti České republiky, ochrana jejích demokratických základů a ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot. (Fiala; 2010).

V roce 2000 byly přijaty důležité zákony – tzv krizové zákony:

č. 238/2000 Sb., O Hasičském záchranném sboru České republiky

Zákon zřizuje Hasičský záchranný sbor, jehož základním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel, majetek před požáry a poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech (Procházková, 2004).

č. 239/2000 Sb., O integrovaném záchranném systému

Zákon vymezuje integrovaný záchranný systém (IZS), stanovuje složky IZS a jejich působnost, působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení krizového stavu (Zákon č. 239/2000 Sb.).

č. 240/2000 Sb., Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

Zákon stanovuje působnosti a pravomoci státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace nevojenského charakteru (Zákon č. 240/2000 Sb.).

č. 241/2000 Sb., O hospodářských opatřeních pro krizové stavy

Zákon upravuje přípravu hospodářských opatření pro krizové stavy. Stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob při přípravě a přijetí hospodářských opatření pro krizové stavy (Zákon č. 241/2000 Sb.).

Tyto zákony obsahují právní normy, které stanovují konkrétní úkoly v ochraně obyvatelstva. Dalším důležitým aktem na začátku roku 2001 bylo převedení civilní ochrany do působnosti ministerstva vnitra, tak jak je obvyklé ve většině evropských států (Balabán; 2010).

V současné době je ochrana obyvatelstva popisována takto: „*Ochrana obyvatelstva představuje plnění úkolů v oblasti plánování, organizování a výkonu činností za účelem předcházení vzniku, zajištění připravenosti na mimořádné události a krizové stavy a jejich řešení; ochranou obyvatelstva je dále plnění úkolů civilní obrany. Jedná se tedy o plnění úkolů v souvislosti s ochranou života, zdraví, majetku a životního prostředí při mimořádných událostech a krizových situacích jak nevojenského, tak vojenského charakteru"* (MV-GŘ HZS ČR, 2013, s. 35).

Přijetím výše krizových zákonů bylo poprvé od roku 1935 legislativou upravena problematika ochrany obyvatelstva při mimořádných událostech. Dalším dokumentem pro nejaktuálnější rozvoj ochrany obyvatelstva je „Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030" (dále jen „Koncepce"). Účelem dokumentu je formulovat základní principy ochrany obyvatelstva a definovat oblasti a nástroje, jejichž pomocí je realizována ochrana obyvatel. Strategické priority Koncepce jsou širší

zapojení občanů a zvýšení schopnosti sebeochrany, právnické a podnikající fyzické osoby zapojit do příprav na mimořádné události a jejich řešení, zvýšení rezistence a ochrany prvků kritické infrastruktury a podporovat vědu a výzkum pro následné využití dosažených výsledků v ochraně obyvatelstva (MV-GŘ HZS ČR, 2013).

1.2 Mimořádné události a hrozby

Vlivem historického vývoje a vědeckotechnických pokroků od konce průmyslové revoluce, rozvoje techniky a využívání stále novějších technologií dochází k masivnímu využívání zdrojů, těžbě a změnám přírodního prostředí, zpracovávání a využívání velkého množství chemických látek, které jsou mnohdy i vysoce toxické jak pro člověka, tak pro životní prostředí. Tyto a mnoho dalších druhů lidské činnosti mají přímý nebo nepřímý vliv na počet narůstajících hrozeb a mimořádných událostí. Například přímé ohrožení obyvatel únikem nebezpečné látky nebo nepřímé ohrožení vlivem úniku látky do ovzduší mající vliv na ozónovou vrstvu, která následně nedokáže dokonale filtrovat ultrafialové záření, které má negativní vliv na přírodu i na obyvatele. (Hradil et al., 2018).

Mimořádná událost (Dále jen „MU“) je popsána zákonem 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a ve znění pozdějších předpisů, popis zní takto: „mimořádnou událostí se rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací“ (Zákon 239/2000 Sb. §2 odst.b).

Dle Antušáka (2009) je hrozba popisována jako působení (činnost) libovolného subjektu, která má potenciál poškodit nebo zničit chráněnou hodnotu nebo zájem jiného subjektu nebo jev či událost jako bezprostřední příčina poškození nebo zničení konkrétní chráněné hodnoty nebo zájmu.

Zákon 240/2000 Sb. popisuje krizovou situaci jako mimořádnou událost, při níž je vyhlášen stav nebezpečí nebo nouzový stav nebo stav ohrožení státu. V případě živelní pohromy, průmyslové havárie nebo jiného nebezpečí, při kterých dochází k ohrožení osob, majetku a životního prostředí lze dle tohoto zákona vyhlásit stav nebezpečí.

Stav nebezpečí vyhlašuje Hejtman příslušného kraje, kde dochází k rozvoji krizové situace. Hejtman neprodleně informuje vládu, Ministerstvo vnitra, sousední kraje a další kraje které mohou být situací dotčeny. Nezbytné je zdůvodnění vyhlášení stavu

nebezpečí, přesně vymezené území, pro které je stav nebezpečí vyhlášen, přijatá krizová opatření a jejich rozsah. Hejtman má pravomoc vyhlásit stav nebezpečí nejdéle na 30 dnů. Prodloužení této lhůty je možné pouze se souhlasem vlády. Stav nebezpečí končí rozhodnutím hejtmana nebo vlády o jeho ukončení před uplynutím doby po kterou byl vyhlášen nebo uplynutím doby jeho vyhlášení doby (Zákon č. 240/2000 Sb.).

Nouzový stav (dále jen „NS“) může vláda dle zákona č.110/1998 Sb. vyhlásit při nebezpečí ohrožující životy, zdraví nebo majetek způsobených živelními pohromami, ekologickými nebo průmyslovými nehodami či haváriemi nebo jiným nebezpečím. NS lze vyhlásit pouze s uvedením důvodů pro určité území a po určitou dobu. Vláda neodkladně informuje poslaneckou sněmovnu o vyhlášení NS. Dále má vláda povinnost při vyhlášení NS vymezit jaká práva a svobody se omezují a jaké povinnosti a v jakém rozsahu se ukládají. Vláda může vyhlásit NS nejdéle v délce 30 dnů. Prodloužení NS je možné po předchozím souhlasu poslanecké sněmovny. NS končí rozhodnutím poslanecké sněmovny o jeho ukončení před uplynutím doby po kterou byl vyhlášen nebo uplynutím doby jeho vyhlášení doby (Ústavní zákon, 1998, Čl.1).

1.3 Členění mimořádných událostí

Mimořádné události dělíme podle příčiny jejich vzniku a jejich vlivu na naši bezpečnost, a to na naturogenní (přírodní) a antropogenní (společenské). Naturogenní mimořádné události jsou velmi obtížně ovlivnitelné z důvodu jejich přírodního charakteru, jako jsou například vichřice nebo povodně a jiné události. Antropogenní události jsou přímo úměrné lidské činnosti a lidskému faktoru (Řehák, 2015).

1.3.1 Přírodní (naturogenní) mimořádné události

Přírodní hrozby lze definovat jako geofyzikální události původem z biosféry, litosféry, hydrosféry nebo atmosféry, schopné způsobovat katastrofy a pohromy. Tyto hrozby vznikají při podstatné odchylce od průměru nebo trendu. Například povodně jsou důsledkem vysokého úhrnu srážek, a naopak sucho jsou způsobeny nedostatkem srážek (Antušák; 2009).

Popis některých naturogenních událost dle Záškodného (2017) je uveden níže.

- **Požár přírodního původu** - Blesk, tlení (samovznícení) nebo výbuch bahenního plynu.
- **Záplavy a povodně** - Prudké tání sněhu, přívalové a dlouhodobé deště.

- **Vichřice a silné větry** - Proudění vzduchu z místa vyššího tlaku do místa s nižším tlakem.
- **Přívalové deště a krupobití** - Prudké ochlazování mraků nasycených vodní parou za vzniku drobných kousků ledu.
- **Biologické pohromy** - Epidemie, pandemie, epizootie, vliv škůdců, vetřelců a pylové kalamity.
- **Teplotní inverze** - Vznik v zimních měsících vlivem porušení proudění vzduchových hmot. Chladnější vzduch se nachází v nižší vrstvě atmosféry.
- **Sněhové vánice a kalamity** - Dlouhodobě sněžení, vytváření závějí působením silných větrů.
- **Svahové pohyby** - Uvolnění kluzkých ploch povrchových zemských vrstev a svahů se sklonem je větším než 22°.
- **Únik plynů ze zemského nitra** -Převážně v místech sopečné činnosti, tektonických zlomů, důlní a těžební činnosti.
- **Námrazy, náledí mrznoucí déšť dlouhodobé a silné mrazy** - Vznikají převážně při extrémním průběhu počasí v podzimních, zimních a jarních měsících při prudkých změnách teploty pod bod mrazu nebo namrzání deště nebo mlhy na silně podchlazený zemský povrch.
- **Obtížná vedra a sucha** - Vznikají v letních měsících převážně na místech s dlouhodobým setrváním tlakových výší. Vysoký odpar vody.
- **Bouřky a další elektrické jevy v atmosféře** - Vzniká vzájemným posunem tepelně a hustotně rozdílných hmot a třením o zemský povrch. Vznik rozdílného elektrického potenciálu.
- **Zvýšené radioaktivní pozadí krajiny** - V místech nalezišť uranových rud, úniku radonu ze zemských zlomů a dutin.
- **Kosmické záření a působení kosmických těles** - V našich podmínkách se jedná převážně o ultrafialové záření.
- **Půdní eroze** - Vlivem silných větrů převážně na vysušené odkryté půdě. Dále splavování ornice a půdy při prudkých vydatných deštích po odlesňování a odstraňování vrstev půdy při zemědělské činnosti.
- **Posun dna pod vodní hladinou** - Změna říčních koryt, dna jezer, přehrad a jiných vodních nádrží následkem sesuvů hornin pod vodní hladinou a na pobřežních částech.

- **Magnetické anomálie** - V místech výskytu magnetických hornin a nerostů nebo na rozhraní litosférických desek
- **Zemětřesení** - Vznik při pohybu litosférických desek, propadem zemských dutin, při vulkanické činnosti, následkem podzemních jaderných výbuchů
- **Pád kosmického tělesa na zemský povrch** - Vlivem protnutí dráhy kosmického tělesa s drahou země. Vliv pádu kosmického tělesa je dán jeho velikostí.
- **Propad zemských dutin** - Převážný výskyt je v místech bývalé důlní činnosti, v krasových oblastech nebo v místech s měkkými horninami pod zemským povrchem

1.3.2 Mimořádné události způsobené lidskou činností (antropogenní)

Antropogenní hrozby jsou přímo spojené s lidskou činností. Výroba zboží, používání techniky, využívání zdrojů energie (výroba energie), přepracovatelské závody s sebou přináší užitek, ale také zvýšené riziko hrozeb vzniku mimořádných událostí, havárií a katastrof (Antušák; 2009).

Popis některých antropogenních událost dle Záškodného (2017) je uveden níže.

- **Havárie jaderně energetického zařízení**

V rámci provozu jaderně energetických zařízení (dála jen „JEZ“) může docházet k menším poruchám nebo odchylkám jako v každém výrobním objektu. Nejrizikovější z hlediska havárií jsou nad projektové havárie, které již nejsou řiditelné a mají velký potenciál ohrožení obyvatel a přírody uvolněnými radioaktivními látkami. Havárie a mimořádné události JEZ mohou mít příčinu jak z lidské činností (antropogenní), tak i některými přírodními vlivy (naturogenní).

- **Požár způsobený člověkem**

Splnění podmínky přítomnosti hořlavé látky, dostatek kyslíku a odpovídající zápalná látka (iniciační prvek). Vzniká například při neopatrné manipulaci s otevřeným ohněm, při elektrickém zkratu, mechanickém působení materiálů vůči sobě (tření), chemických reakcích a jiné.

- **Havárie v chemickém objektu**

Z velké části jsou způsobeny nedodržováním předepsaných postupů, nedbalostí, nekázní. V menší míře se může jednat o únavu materiálů, nezabezpečení provozních podmínek (parametrů), použití nevhodného materiálu nebo nástroje na práci s chemickými látkami.

- **Havárie v dopravě**

Hlavním vlivem nehod v dopravě od malých nehod až po řetězové nehody (dálniční nehody) je lidský faktor (nepozornost, nerespektování pravidel silničního provozu, nepřizpůsobení jízdy povětrnostním podmínkám). Dalším faktorem může být technická závada nebo povětrnostní podmínky. Závažnost nehody může dále narůstat například při přepravě nebezpečných látek, toxických a radioaktivních látek a ropných produktů – nutnost zásahu integrovaného záchranného systému.

- **Výbuchy plynů a jiných výbušnin**

Splnění podmínek vytvořením výbušné směsi a její iniciace. Výbušná směs je v koncentraci mezi dolní a horní mezí výbušnosti, kde v běžném prostředí může explodovat. Dále to mohou být prachovzdušné a aerosolové směsi hořlavých materiálů.

- **Únik ropných produktů**

V podmínkách ČR se jedná hlavně o porušení ropovodů a poruchy na přečerpávacích stanicích, ve zpracovatelských závodech nebo při přepravě ropných produktů.

- **Poruchy zásobování vodou, plynem, elektřinou, teplem a palivy**

Jedná se o přerušení produktovodů. V tomto případě se jedná o potrubní trasy degradované vlivem nedostatečné údržby, opotřebováním materiálu či jiná havárie. Dále se může jednat o překročení toku média s ohledem na dimenzovanou odolnost potrubních tras. U elektřiny se může jednat o přetížení sítě, cílený útok na přenosovou soustavu nebo vliv povětrnostních podmínek.

- **Působení toxických odpadů**

Vlivem úniku a nedostatečného zabezpečení odpadů z chemických, petrochemických, papírenských, gumárenských a jiných provozů zpracovávajících chemické látky. Kontaminace půdy, vodotečí nežádoucími chemický prvky jako jsou např. olovo, rtuť, zinek, měď, chrom a jiné.

- **Záplavy po protržení hráze**

Prolomení hráze může nastat vlivem nedostatečného geologického průzkumu a nedodržení stavební technologie se špatnou projektovou přípravou. Dále může k Prolomení dojít vlivem velkého množství horniny jak do prostoru přehrady, tak přímo na hráz přehrady.

- **Mechanické poruchy technologických procesů staveb**

Vlivem nedostatečné projektové přípravy, nerespektováním místních podmínek (geologický průzkum, transportní koridory, působení vnějších vlivů aj.), využívání objektu k nevhodným činnostem

- **Působení člověka na životní prostředí při komunální činnosti**

Přetváření přírody člověkem. Výstavba silnic, železnic, ukládání odpadů, výstavba prvků pro relaxaci, odlesňování. Tyto činnosti mají vliv na mikroklima dané oblasti, na vnikání cizorodých látek do přírody a nerovnovážný stav přírody

- **Chemizace zemědělství**

Nadměrná zátěž přírody používáním pesticidů, fungicidů. Dále nadměrné zatěžování přírody hnojivy a nedostatečné střídání plodin s ohledem na předchozí pěstované plodiny.

- **Násilné sociální pohyby**

Původcem je převážně sociální napětí ve společnosti či skupině obyvatelstva. Projevem mohou být různé stávky, demonstrace, hromadná vystoupení (sportovní akce), panika.

- **Teroristická a diverzní činnost**

Snaha o vyvolání sociálního napětí a ovlivnění veřejného mínění záměrnou činností polovojenských organizovaných skupin

- **Mezistátní konflikty**

Velkou roli hrají ekonomické zájmy, zdroje energie a surovin. Dále je to vliv nad určitým strategickým územím. Vytváření nepřátelské ideologie a manipulace obyvatelstva

- **Emigrační vlny**

Vznikají jako důsledek prudkého zhoršení hospodářské, sociální, ekonomické, politické a životní úrovně obyvatel nebo vytvořením představy o bohatství a možnostech vyspělých států (převážně západních) v řešení bezvýchodnosti domácí situace.

1.4 Počátky jaderné energetiky

Vybrané pojmy jaderné energetiky viz příloha A.

Historie jaderné energetiky se datuje od konce roku 1938, kdy vědci Oto Hahn a Fritz Strassmann učinili nečekaný objev při rozpadu jader zkoumaného prvku. Při ostřelování vzorku uranu U^{235} pomalými neutrony následně objevili v produktech rozpadu prvky Barya. Následně několika dalšími pokusy bylo potvrzeno, že se jedná o rozpad uranu, a ne o nový prvek. Hahn zaslal údaje získané z experimentu své spolupracovnici Lise Meitnerové do Dánska, která je následně probírala se svým synovce Oto Frischem. Následnými kalkulacemi Meitnerová a Frisch došli k závěru, že při rozštěpení jader dochází k uvolnění velkého množství energie. V souvislosti s výzkumem bylo prvně použito slovní spojení štěpení jader. Nedlouho po objevu

jaderného štěpení bylo zřejmé, že tento objev má další důležitou charakteristiku. Tím je uvolnění neutronů. Při vhodném nastavení prostředí, zpomalení uvolněných neutronů moderátorem, vzniká možnost řízené řetězové reakce za vzniku velkého množství energie. (Energy.gov, 2005).

1.4.1 První řízený reaktor

První řízená jaderná reakce proběhla 2. prosince 1942 v Chicagu skupinou vědců, kterou vedl Enrico Fermi. Pracovní název prvního reaktoru byla „Chicagský milíř 1“ – „Chicago Pile 1“, zkráceně CP1. Reaktor CP-1 byl postaven ve sklepních prostorech stadionu chicagské univerzity. Jednalo se o 6 metrů vysoký blok sestavený z grafitových briket s otvory pro vsouvání uranových tyčí, kde bylo použito 6 tun uranu a 50 tun oxidu uraničitého, moderátorem štěpení zde byl grafit. Štěpná reakce v reaktoru byla po jejím zahájení zastavena po 28 minutách pomocí kadmiových tyčí. Pro případ, že by se řetězová reakce vymkla kontrole, byla připravena skupina lidí polévat reaktor roztokem kadmiové soli. Jako historicky první radiační ochrana byla použita balonová tkanina, kterou byla stavba překryta. Z důvodu 2. světové války a probíhajícího tajného vládního projektu Manhattan byl pokus v nejvyšší možné míře utajen. Z tohoto důvodu nebyly pořízeny žádné fotografické záznamy a nejvyšším místům administrativy Spojených Států bylo předáno hlášení “ The Italian navigator has landed in the New world“ – „Italský mořeplavec doplul ke břehům Nového světa“. Toto hlášení znamenalo úspěšné zvládnutí první řízené řetězové reakce a vetší podporu vládnímu projektu s velkou zakázkou na stavbu reaktorů určených pro vojenské účely. Reaktor CP-1 sloužil přibližně ještě 2 měsíce výzkumům a následně byl rozmontován a převezen do laboratoří v blízkosti Chicaga, doplněn o radiační štít a provozován pod názvem CP-2 (Lerner, 2021).

1.4.2 První výroba el energie

20. prosince roku 1951 ve státě Idaho poblíž městečka Arco ve Spojených státech amerických byl spuštěn první reaktor Typu EBR-I pro výrobu elektrické energie. Jednalo se o experimentální množivý reaktor - experimental breeding reactor – zkráceně EBR, jehož palivem bylo plutonium. Reaktor byl chlazen směsí tekutých kovů – sodíku a draslíku. Reaktor nemá moderátor. První den provozu elektrárna vyrobila dostatek elektřiny pro rozsvícení čtyř 200 W žárovek. Následující den byla zvýšena výroba elektrické energie, která stačila k napájení všech zařízení v budově

jaderné elektrárny. v roce 1953 bylo potvrzeno, že reaktor dokáže vyrobit více paliva, než sám spotřebuje současně s výrobou elektrické energie. Tato elektrárna byla v provozu do roku 1963. Nyní je elektrárna využívána jako muzeum začátku jaderné energetiky ve Spojených státech. Rok po spuštění EBR-I byl postaven reaktor EBR-II pro napájení výzkumného centra v Chicagu, který byl spuštěn roku 1964 a provozován až do roku 1994 s výkonem 20 MWe (INL, 2021).

1.4.3 První dodávky el. energie do sítě

Významným krokem ve využití jaderné energie je připojení jednoho ze tří reaktorů jaderné elektrárny Obninsk k elektrické síti ve stejnojmenném městě vzdáleném přibližně 100 km od Moskvy. Jednalo se o reaktor s označením AM-1 (Atom mirnyj – mírový atom) s výkonem 1,5 MWe Reaktor AM-1 položil základy pro vývoj varných reaktorů moderovaných grafitem s chlazením vodou známe pod zkratkou RBMK (Reaktor Bolšoj Moščnosti Kanalnyj) česky kanálový reaktor velkého výkonu, který můžeme nechvalně znát díky havárii v černobylské elektrárně. Tento typ reaktorů byl využíván pouze na území bývalého sovětského svazu. Dalším typem reaktoru v rámci elektrárny byl tekutým kovem chlazený (jednalo se o slitinu olova a bismutu) a beryliem moderovaný reaktor. Tento typ reaktorů našel uplatnění ke chlazení reaktorů v jaderných ponorkách. Poslední z trojice reaktorů byl heliem chlazený a grafitem moderovaný reaktor, který byl následně změněn na tlakovodní reaktor, který byl základem pro reaktory na ledoborcích, ponorkách a následně sloužil jako výchozí bod pro reaktory typu VVER (Vodo -Vodjanoj Energetičeskij Reaktor) známý též pod anglickým názvem PWR – (Pressurized Water Reactor) tlakovodní reaktor. Poslední zmiňovaný reaktor je nejrozšířenějším typem jaderných reaktorů po světě (Atominfo, 2014).

1.4.4 Jaderná energetika v ČSR

Nedlouho po vzniku Československa byl roku 1919 založen Státní ústav radiologický, který byl pra-předchůdcem dnešního Státního ústavu radiační ochrany. Jeho náplní bylo bádání na poli radiologie a jejího užití v lékařství, fysiologii, agronomii a průmyslu. Začátek jaderné energetiky v Československu se datuje k dubnu roku 1955 od podpisu československo-sovětské dohodě o sovětské pomoci při výstavbě centra jaderného výzkumu v ČSSR a o pomoci při výchově specialistů v jaderných oborech. Následovalo zřízení Vládního výboru pro výzkum a mírové využití jaderné energie, současně byl založen Ústav jaderného výzkumu v Řeži (dále jen „ÚJV Řež“) u Prahy.

Dále byla roku 1955 založena Fakulta technické a jaderné fyziky na Karlově univerzitě, která roku 1959 přešla pod České vysoké učení technické (dále jen „ČVUT“) a v roce 1968 změnila název na Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou. Československo současně se Sovětským svazem roku 1956 začíná vyvíjet plynem chlazený těžkovodní reaktor pro použití přírodního neobohaceného uranu, pro možnost využívání domácích zdrojů paliva. Roku 1957 je v ÚJV Řež spuštěn první výzkumný lehkovodní reaktor s označením VVR-S (vodo vodnyj reaktor) s tepelným výkonem 2 MW, který byl později přestavěn se zvýšením výkonu na 10 MW a byl přejmenován na LVR-15. Mimo jiné se za pomoci výzkumného reaktoru prováděly zkoušky materiálů pro použití na připravované Jaderné elektrárně (Dále jen „JE“) Jaslovské Bohunice A-1, nacházející se u stejnojmenné vesnice v okrese Trnava (dnešní Slovensko), která se začala stavět od roku 1958. Pro výzkumy na pokročilejších reaktorech typu VVER byl vybudován reaktor nulového výkonu s označením LR-0 pro provádění fyzikálních experimentů především na jejich aktivních zónách (SÚJB, 2008).

Použitý typ reaktoru v JE Jaslovské Bohunice jako palivo využíval přírodní neobohacený uran, moderovaný těžkou vodou a chlazený oxidem uhličitým. Jednalo se o ruský projekt KS-150 (Kotěl Stancionnyj) s přibližným výkonem 150 MWe, který byl kompletně vyráběný v Československé republice. Jelikož byl reaktor jediný svého druhu, jinde ve světě nebyl postaven podobný a jednalo se tedy o experimentální elektrárnu. Montážní práce byly dokončeny roku 1970 a mezi roky 1970 a 1972 probíhaly zkoušky aktivní zóny. Dne 25.12.1972 proběhlo přifázování k elektrické síti. Bohužel provoz reaktoru provázely časté technické obtíže a 2 závažné havárie, které nakonec ukončili provoz JE roku 1977. Nyní je elektrárna A-1 ve fázi vyřazování z provozu (Nový, 2015).

Současně s provozem elektrárny A-1 byla zahájena výstavba 2 modernějších reaktorů typu VVER - 440/230 s přibližným výkonem 440 MWe (první generace těchto typů reaktorů) a to od roku 1972 v elektrárně V-1. Následně od roku 1976 byla zahájena stavba dalších 2 modernizovaných reaktorů VVER 440/213 (druhá generace těchto bloků) v elektrárně V-2. Bloky s reaktorem VVER 440/213 splňují přísnější požadavky pro bezpečnost, kde se uvažuje maximální projektová havárie velká LOCA (loss of coolant accident) - prasknutí hlavního potrubí primárního okruhu. Bloky výše uvedeného typu reaktoru již byly vybaveny havarijním lokalizačním systémem, barbotážního systému, který v tomto případě znamená místo kam může expandovat pára uvnitř bloku, ale ne mimo něj, nebo po určitých modifikacích byly vybaveny

plnotlakým kontejnmentem. Kdežto bloky s reaktorem VVER 440/230 byly projektovány pouze na vypouštění nízkoaktivního chladiva. Elektrárna V-1 byla uvedena do provozu spuštěním prvního reaktoru roku 1980 a následující rok byl spuštěn druhý reaktor. Elektrárna V-1 byla v provozu do roku 2008 kdy dva roky předtím byl odstaven první blok. Důvodem k odstavení elektrárny V-1 byly podmínky pro přijetí Slovenská do Evropské unie. Od roku 2012 je ve fázi vyřazování. Elektrárna V-2 je od roku 1985 dosud v provozu s projektovou životností 40 let s uvažovaným prodloužením na 60 let. (Nový, 2016)

Současně s výstavou elektrárny V-2 v Jaslovských Bohunicích byla roku 1978 zahájena výstavba JE Dukovany poblíž města Třebíč s celkovým počtem 4 reaktorů typu VVER 440/213. Reaktory byly postupně mezi lety 1985 a 1987 uvedeny do provozu s uvažovaným provozem na 60 let (Hrozek, 2018).

Další budovanou elektrárnou byla od roku 1982 JE Mochovce mezi městy Levice a Nitra na místě bývalé obce Mochovce. Elektrárna byla projektována na celkový počet 4 bloků s reaktory typu VVER 440/213. Od začátku výstavby byly nejprve budovány bloky 1. a 2. a od roku 1985 byla zahájena výstavba 3. a 4. bloku. V roce 1991 byly zastaveny práce na všech blocích pro nedostatek financí. Práce na 1. a 2. bloku byly opět obnoveny v roce 1996 a následně v letech 1998 a 2000 byly bloky uvedeny do provozu. Práce na dostavbě 3. a 4. bloku byly roku 2008 opět zahájeny s očekávaným dokončením do roku 2024 (Majling, 2020).

Poslední elektrárnou jejíž výstavba byla zahájena v ČSR roku 1987 je JE Temelín. Původní projekt počítal se 4 bloky moderního reaktoru VVER 1000. Roku 1993 Vláda ČR rozhodla svým usnesením o dostavbě pouze v rozsahu 2 bloků. 1.blok elektrárny byl spuštěn roku 2001. V roce 2004 byl zahájen komerční provoz 1.bloku (Škranc, 2020).

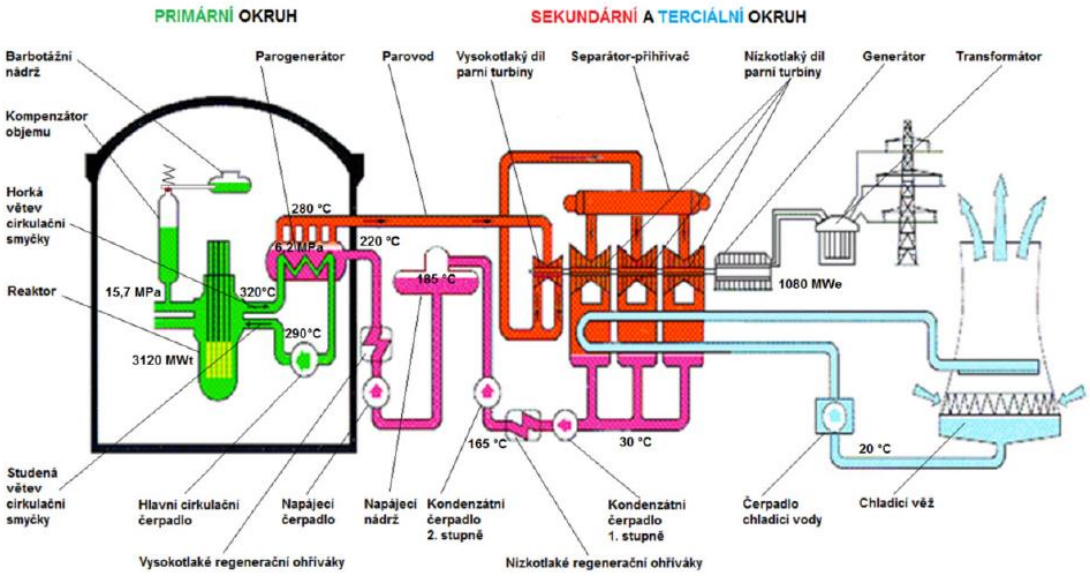
V současné době se na území ČR nachází 6 reaktorů jaderných elektráren pro komerční provoz, 2 výzkumné reaktory v ÚJV Řež a jeden školní reaktor na ČVUT na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské.

1.5 Jaderná elektrárna Temelín

Provozovatelem jaderné elektrárny JE Temelín je společnost ČEZ a.s. Projekt JE Temelín vychází z konceptu kombinované výroby elektrické a tepelné energie. Původní projekt výstavby JE Temelín počítal s výstavbou 4 jaderných reaktorů, vytápěním měst Týn nad Vltavou a Českých Budějovic. Z plánů se nakonec uskutečnila pouze výstavba 2 jaderných reaktorů a teplofikace města Týn nad Vltavou. V současnosti probíhá výstavba teplofikace pro část Českých Budějovic. Elektrárna se nachází v nadmořské výšce 500 m., je vzdálena vzdušnou čarou přibližně 24 km od centra Českých Budějovic a 6 km od centra Týna nad Vltavou. Bloky JE Temelín mají tlakovodní reaktory typu VVER 1000. Jedná se o reaktor ruského typu s přibližným výkonem 1078 MWe a 3120 MWt. Po modifikacích na sekundárním okruhu a na turbíně turbogenerátoru došlo k navýšení výkonu až na 1100 MWe. Hlavní výrobní blok (dále jen „HVB“) s popisky je znázorněn v příloze B. Pro umístění elektrárny byl zohledněn dostatečný zdroj surové vody, podloží elektrárny, zábor půdy a rovnoměrné rozmístění energetických zdrojů. Z důvodu výstavby byly zbourány obce v těsném okolí elektrárny, jednalo se o obce Březí, Temelínec, Podhájí, Knín a Křtěnov. Důležitým zdrojem surové vody pro potřeby JE Temelín je vodní dílo (Dále jen „VD“) Hněvkovice, které bylo vybudováno mezi lety 1986 – 1991 společně s VD Kořensko, které slouží pro odvod přečištěných odpadních vod. Bloky jaderné elektrárny jsou postaveny na žulovém skalním masivu, který patří do stabilního Českého masivu. Vybrané budovy v rámci provozu jaderné elektrárny jsou s ohledem na podloží konzervativně vybudovány na seismickou odolnost až 6. stupňů Richterovy stupnice. Po havárii JE Fukušima I Daiichi byly provedeny další důležité opatření pro zabezpečení provozu JE Temelín za mimořádných situací. Byly nainstalovány 2 diesel generátory pro napájení systému zabezpečujících odvod zbytkového tepla z aktivní zóny v případě výpadku vnějšího napájení, kdy by zároveň nastal problém s již dříve nainstalovanými vlastními nouzovými zdroji elektrické energie. Dále byly pořízeny 2 mobilní diesel generátory s vybavením pro připojení k důležitým technologiím, kterými disponuje hasičský záchranný sbor podniku (Škranc, 2020).

Prostory kontejnmentů byly doplněny rekombinátory vodíku, které slouží k přeměně volného vodíku a kyslíku za pomocí katalyzátoru na vodní páru a teplo. Katalyzátorem může být buď palladium nebo platina. Rekombinace začíná při objemové koncentraci vodíku 2 % a teplotě menší než 100 °C. Při teplotách nad 100 °C

probíhá rekombinace při koncentraci 1 %. Výhodou rekombinátorů je, že nepotřebují žádný zdroj elektrické energie pro jejich fungování (Dufková, 2012).



Obrázek 1: Základní schéma JE Temelín
Zdroj: Škranc, 2020

1.5.1 Primární okruh – základní popis

Primární okruh (dále jen „I.O.“) JE Temelín je tvořen reaktorovou nádobou viz příloha C, 1 kompenzátorem objemu (dále jen „KO“) s barbotážní nádrží, 4 hlavními cirkulačními čerpadly (dále jen „HCČ“) a 4 parogenerátory (dále jen „PG“). Každé HCČ a PG jsou vždy na jedné smyčce celkem tedy 4 chladící smyčky, kde pouze jedna smyčka má KO. Základní funkce I.O. je přeměna jaderné energie na tepelnou – využívání tepla vznikajícího při štěpné reakci v jaderném reaktoru. Palivem pro štěpnou reakci pro jaderný reaktor typu VVER 1000 je přírodní uran U^{238} obohacený o izotop U^{235} na 4 %. Výměna paliva v reaktoru probíhá 1x za rok, kdy je vyměněna ¼ paliva, která je přesunuta do vyhlazovacího bazénu pro následné dochlazování. Zbylé palivo je přeskládáno dle hodnoty vyhoření pro optimální poskládání aktivní zóny reaktoru. Štěpná reakce probíhá jen v jádrech U^{235} u těchto typů reaktorů, aby došlo k rozštěpení jádra, musí být zasaženo volným pomalým neutronem. Pro lepší štěpení jádra U^{235} se neutrony zpomalují pomocí moderátoru, kterým je voda, která zároveň slouží i jako chlazení pro odvod a předání tepla v PG do sekundárního okruhu (dále jen „II.O.“).

Pro řízení reaktivity (výkonu reaktoru) se používá kyselina boritá, která se přimíchává do chladící vody. Cirkulaci chladící vody zajišťují 4 HCČ. Tlak v systému je udržován pomocí jednoho KO. Tlak v I.O. je 15,7 MPa a teplota v rozmezí 288 až 319 °C. (Mlčák, 2022).

1.5.2 Sekundární okruh – základní popis

II.O. tvoří 4 PG (sekundární strana PG), 2 separátory - přihřívače páry, 1 parní turbínou, 3 kondenzátory, 4 kondenzátními čerpadly, 4 nízkotlaké regenerace, 1 napájecí nádrž se 4 nádržemi pro termické odplynění, 1 turbonapájecí soustrojí (čerpadlo poháněné parou), 2 vysokotlaké ohřevy. Základní funkce II.O. je předání teplené energie z I.O. do II.O. skrze parogenerátory. I.O. a II.O. jsou od sebe hermeticky odděleny, aby nedošlo k přenosu radioaktivity do systému II.O. Napájecí voda je v PG přeměněna na páru, která jde dále přes separátor-přihřívač upravována, dochází k odlučování vlhkosti a příhřevu páry, a následně je směřována na parní turbínu, pro výrobu el. energie. Pára po vykonání práce na turbíně je následně dochlazována skrze kondenzátory na kondenzát. Kondenzátory jsou chlazeny terciálním okruhem přes chladící věže. Dále je kondenzát přečerpáván kondenzátními čerpadly a nahříván přes 4 nízkotlaké regenerace. Za nízkotlakou regenerací proudí nahřátý kondenzát do napájecí nádrže, kde probíhá termické odplynění nezkondenzovatelných par. Z napájecí nádrže již proudí napájecí voda přes turbonapájecí soustrojí do vysokotlakého ohřevu a do PG. Parní turbína je poháněna ostrou parou o teplotě 270 až 278 °C a tlaku 6,22 MPa. V kondenzátoru za parní turbínou je tlak 6 kPa a teplota přibližně 36 °C. Kondenzátory jsou chlazeny tzv. terciálním okruhem, kde je chladící voda vychlazována pomocí rozštřiku v chladících věžích a čerpány pomocí čerpadel chladící vody (Otčenášek, 2003; Škranc, 2020).

1.5.3 Výroba elektřiny, vyvedení – základní popis

Soustrojí pro výrobu elektřiny se sestává z generátoru pevně spojeného s parní turbínou, transformátoru a vyvedením výkonu. Maximální el. výkon generátoru je dimenzován na 1125 MWe. Skutečný elektrický výkon generátoru se pohybuje v rozmezí 1080 až 1100 MWe. Vyvedení výkonu do elektrizační soustavy je realizováno elektrickým vedením 400 kV skrze rozvodnu Kočín, která také slouží pro nouzové napájení elektrárny přes vedení 110 kV. Nouzový zdroj pro elektrárnu Temelín je vodní elektrárna Lipno a Orlík (Slabák, 2020)

1.6 Jaderná bezpečnost

Zákon 263/2016 Sb. - Atomový zákon (dále jen „AZ“) - definuje jadernou bezpečnost (dála jen „JB“) jako stav a schopnost jaderného zařízení a fyzických osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo úniku radioaktivních látek anebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezit následky nehod.

Z AZ vyplývá povinnost pro provozovatele jaderné elektrárny na stanovení kvalifikačních požadavků pro důležité činnosti z hlediska JB, zajistit systém vzdělávání a odborné přípravy veškerých pracovníků, včetně evidování získaných kvalifikací a jejich ověřování s ohledem na vykonávané činnosti (Zákon č. 263/2016 Sb.).

Odpovědnost pro zajištění JB zůstává na společnosti, reprezentované vrcholovým vedením a není přípustné, aby byla delegována na nižší úroveň. Zodpovědnost vůči vedení ČEZ, a. s. mají všechny nižší úrovně vedení a jednotlivci, kteří se podílejí na plnění jednotlivých požadavků jaderné bezpečnosti (Ševčík, 2020).

Obecnými principy zajištění JB je využití ochran do hloubky v podobně používání bariér. Ochrana do hloubky využívá prevenci nehod a zmírnění následků nehod. Například základní bariéry proti úniku radioaktivních látek v JE začínají již u paliva, kde jako bariéra slouží pokrytí palivových elementů, dále je to hranice I.O a v neposlední řadě jsou to hranice hermeticky uzavřených místností například kontejnment. Dalšími prvky JB je řízení provozu v normálních a projektem předpokládaných parametrech, kontrola a prověřování bezpečnostních a ochranných systémů, řízení jakosti a stárnutí komponent a v neposlední řadě je důležitá kultura bezpečnosti pracovníků v rámci provozů JEZ. (Urbančík, 2015).

1.6.1 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (dála jen „SÚJB“), který byl zřízen 1.ledna 1993 s hlavním sídlem v Praze provádí státní správu při využívání jaderné energie a ionizujícího záření a v oblasti nešíření jaderných, chemických a biologických zbraní. SÚJB je ústředním orgánem státní správy ve smyslu zákona č. 2/1969 Sb. V jeho čele stojí předsedkyně, která je jmenována vládou České republiky. Úřad má samostatný rozpočet a je přímo podřízen vládě České republiky. SÚJB je dále rozčleněno s ohledem na vykonávané činnosti na sekci JB, radiační ochrana (dále jen „RO“) a řízení a technická

podpora. SÚJB má mimo regionálních center dvě lokalitní pracoviště na JE Dukovany a JE Temelín. V rámci provozu JE Temelín provádí SÚJB kontroly v oblasti JB, povolování činností podle AZ, kontrolu zařízení spadajících pod vyhlášku č. 358/2016 Sb. o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení, schvalování dokumentace, kontroly projektových a investičních činností v rámci oprav a modifikací jaderných zařízení. Dále spolupracuje s mezinárodními organizacemi při dohledu nad provozem JEZ (SÚJB, 2015).

1.6.2 Mezinárodní agentura pro atomovou energii

International Atomic Energy Agency (IAEA)– česky Mezinárodní agentura pro atomovou energii (dále jen „MAAE“) byla založena roku 1957 v reakci na nové objevy v oblasti jaderných technologií a z obavy o jejich zneužití. Motto MAAE je „Atomy pro mír“. Hlavní sídlo MAAE se nachází ve Vídni. Jedná se o nezávislou mezivládní organizaci v systému OSN pro vědu a technologii v oblasti mírového využívání jaderné energie v souladu se Smlouvou o nešíření jaderných zbraní. Činností agentury je dohled nad využíváním jaderné energie pro mírové účely, vedení databází významných událostí v jaderné energetice, vzdělávací aktivity. ČR je členem MAAE, kde ji zastupuje SÚJB (IAEA, 2016).

1.6.3 Sdružení provozovatelů jaderných zařízení

World Association of Nuclear operators (dále jen „WANO“) – česky Sdružení operátorů jaderných zařízení bylo založeno roku 1989, kterému předcházela jaderná havárie v Černobylu. Posláním WANO je výměna zkušeností z provozování JE a tím maximalizovat bezpečnost a spolehlivost při jejich provozování. Činnost sdružení je sběr a předávání informací a dobrých praxí v rámci provozování jaderných zařízení, vedení seminářů, vydávání doporučení pro zlepšení provozu a kultury bezpečnosti a jejich kontroly. Centrální sídlo WANO je v Londýně. ČEZ a.s. jako člen sdružení spadá pod lokalitní sídlo v Moskvě (WANO, © 2022).

1.7 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany (dále jen „RO“) je zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření (dále jen „IZ“) a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků. Deterministické účinky jsou účinky, u kterých lze jednoznačně určit souvislost

s působením IZ. Tyto účinky mají určitou prahovou hodnotu v závislosti na dávce. S vyšší dávkou roste i míra poškození. Pro vyloučení deterministických účinků IZ jsou zavedeny limity ekvivalentní dávky ionizujícího záření, jehož jednotkou je Sievert [Sv], vyhláškou č.422/2016 Sb. – Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Dále tato vyhláška popisuje prvky a plány zabezpečení zdroje IZ proti jeho zneužití či neoprávněnému přesunutí (Vyhláška č. 422/2016 Sb.).

Limity ekvivalentní dávky ionizujícího záření jsou následující:

- Roční limit ozáření pro obyvatelstvo: 1 mSv/rok.
- Roční limit ozáření pro radiační pracovníky: 20 mSv/rok.

V případě, že radiační pracovník vyčerpá roční limit, je mu vstup do KP zakázán. V příloze D jsou vedeny příklady některých expozic IZ. Stochastické účinky nelze jednoznačně určit, o jaký zdroj IZ či jiný vliv se jednalo a co bylo původcem. Většinou se tyto účinky projevují v řádu let a na jiném místě, než kde mohlo pravděpodobně dojít k případnému ozáření, účinky se mohou projevit až v následujících generacích (Klener, 2000).

AZ popisuje kontrolovaná pásma (dále jen „KP“) jako prostory, kde je regulovaný vstup se zvláštními pravidly pro zajištění RO a zabránění rozšíření radioaktivní kontaminace. KP jsou stavebně oddělené části pracoviště s kontrolou a regulací osob. Do KP mohou vstupovat osoby vykonávající činnosti v KP a splňují následující podmínky:

- starší 18 let (těhotné ženy mají vstup do KP zakázán)
- lékařská prohlídka 1x ročně s odběrem krve
- platné školení pro vstup do KP - 1x ročně
- platné školení pro práce nad otevřenou technologií - 1x ročně
- kontrola vnitřní kontaminace – 1x ročně

Význam KP je tvorba jedné z bariér RO proti úniku radioaktivních látek mimo vymezené prostory. Pro zdůraznění zabezpečení jsou rozděleny do kategorií zelená, žlutá oranžová a červená. Každá z barev prezentuje jinou radiační situaci ve vymezeném technologickém prostoru. S tím jsou spojena doplňková opatření a omezení pro vstup do těchto prostor. Pravidla prací v KP jsou primárně zaměřena na zabránění vnitřní kontaminace pracovníku v KP. Z pohledu RO se pracovník nemusí bát vnější kontaminace, pokud ji během prací pracovník nezjistil, protože při výstupu z KP se pracovník svlékne

z pracovního úboru, který se používá v KP a dále jako základní způsob dekontaminace provede umytí kůže vlažnou vodou a mýdlem. Vnitřní kontaminace je velmi závažná, jelikož se v podstatě nedá odstranit. Proto je v KP zakázáno mimo vyhrazená místa konzumovat potraviny, kouřit, používat látkové kapesníky (jednorázové papírové kapesníky jsou povoleny) a před použitím toalety je potřeba si umýt ruce a zkontrolovat je na přítomnost radioaktivního záření (Koláček, 2022).

1.7.1 Zdroje ionizujícího záření na I.O. JE Temelín

Prvním poznaným druhem IZ byl objev záření X, které dnes známe pod názvem rentgenové záření. Tento objev učinil roku 1895 profesor university ve Würzburgu Wilhelm Conrad Rönteg. Profesof pařížské polytechniky AntoineH. Becquerel roku 1896 uveřejnil výsledky svého zjištění o vyzařování neznámých paprsků z uranových solí, které způsobovali zčernání fotografických emulzí a ionizaci vzduchu. jednalo se o vnitřní vlastnost zkoumaných solí, které nezáviseli na předchozím buzení. Pierre a Marie Curieovi navázali na Becquerelovy poznatky a nazvali tento jev radioaktivitou. dalšími pozorováními a zkoumáními bylo zjištěno, že radioaktivní látky neemitují pouze jeden druh záření, ale tři s označeními alfa - α, beta - β a gama - γ. Z provozu JEZ je dále známé neutronové záření – n, které vzniká při štěpení uranu (Klener, 2000).

Záření alfa - α

Jedná se o těžké nabité částice. Proud heliových jader, která jsou tvořeny dvěma protony a dvěma neutrony. Vzniklé dceřiné jádro Y má o dva protony méně než mateřské jádro X. Tím dojde k posunu dceřiného nuklidu o dvě místa vlevo v periodické soustavě prvků. U protonového čísla Z dojde ke zmenšení o 2 a u nukleonového čísla A dojde ke zmenšení o 4. Tyto částice mají vysoké energie, ale krátké dolety. Na vzduchu se jedná o centimetry a u tkáně se jedná o mikrometry. Z hlediska vysokých energií a krátkých doletů není vnější ozáření zdaleka tak nebezpečné, zachytí se v malé vrstvě kůže. Vnitřní ozáření je však velmi nebezpečné z důvodu působení na vnitřní orgány. Pro ochranu před částicemi alfa postačí textilie či list papíru. Zářiče alfa jsou hermeticky uzavřeny v jaderném palivu. Do I.O. mohou zářiče proniknout pouze při netěsném palivu (Prouza, 2008).

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}\alpha$$

Záření beta - β

Jedná se o lehké nabité částice. Proud elektronů při přeměně β^- nebo pozitronů při přeměně β^+. Tyto částice jsou v porovnání s částicemi alfa lehké, male a mají delší dolet. V plynech je dolet v řádu metrů, v kapalinách v centimetrech a ve tkáni (v pevných látkách) je to v řádu milimetrů. Záření beta nepřekoná vrstvu kůže ani podkožního tuku. Pro odstínění lze použít např. vrstvu plastu nebo hliníku. Částice beta najdeme v částech vyjmutých z potrubních tras I.O. z důvodu ukládání radionuklidů na vnitřních stěnách potrubí (Prouza, 2008).

Při β^- dojde k přeměně neutronu v jádře nuklidu na proton a elektron. Protony zůstávají v jádře a je emitován elektron a elektricky nenabitá částice s malou hmotností - antineutrino. Dojde k navýšení počtu protonů a dojde k posunutí dceřiného jádra o jedno místo doprava v rámci periodické tabulky prvků (Koláček, 2016).

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}{}^{A}Y + e^{-} + \bar{\upsilon}_e$$

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + e^{-} + \bar{\upsilon}_e$$

Při β^+ dojde k přeměně protonu na neutron a pozitron (antičástice elektronu). Pozitron je emitován a neutron zůstává v jádře. Dojde ke snížení protonového čísla a dojde k posunutí dceřiného jádra o jedno místo doleva v rámci periodické tabulky prvků (Koláček, 2016).

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + e^{+} + \upsilon_e$$

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + e^{+} + \upsilon_e$$

Záření gama - γ

Jedná se o elektromagnetické vlnění, nesoucí elektrický náboj. Záření gama má velmi krátkou vlnovou délku, vysokou energii a dlouhý dolet. Záření je známo jako doprovodný jev při samovolných přeměnách a jako doprovodný jev při štěpení jader. Poškození od záření gama je menší než u částic alfa, ale vzhledem k velkému doletu představuje zdravotní riziko poškození vnitřních orgánů. Pro stínění se používá například olovo, beton. Zářením gama na JE je velmi pravděpodobné u všech technologií a potrubních tras I.O. (Prouza, 2008).

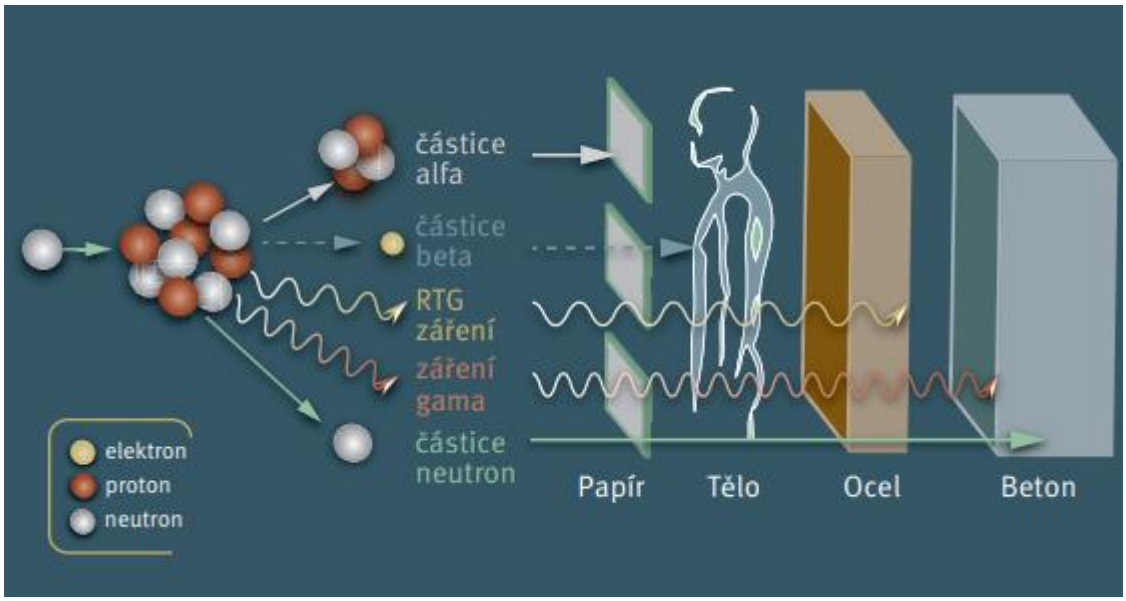
Neutronové záření - n

Jedná se o těžké nenabité částice, vznikající při jaderném štěpení za provozu JE. Neutronová aktivita je typická pro jádra s vysokým přebytkem neutronů Má velmi dlouhý dolet. Poškození lidského organismu částicemi je vyšší než u částic beta a gama a může poškodit i vnitřní orgány. Neutronové záření velmi snadno proniká látkami a je ze všech zmíněných záření nejpronikavější viz obrázek 2. Pro stínění se používá masa vody, betonu nebo parafínu. S neutronovým zářením se nejčastěji setkáme při činnostech s jaderným palivem, u otevřeného reaktoru, při přemisťování použitého (vyhořelého) paliva do obalového souboru, místnosti pod reaktorem (Prouza, 2008; Cohen-Unger, 2016).

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-1}_{Z}X + {}^{1}_{0}n $$

$$ {}^{87}Br \xrightarrow{T=55s} {}^{87}Kr^{m} + \beta^{-} $$

$$ {}^{87}Kr^{m} \xrightarrow{okamžitě} {}^{86}Kr + {}^{1}_{0}n $$



Obrázek 2: Pronikavost jednotlivých druhů záření
Zdroj: Cohen-Unger, 2016

1.7.2 Princip ochrany ALARA

Princip ochrany ALARA před zevním ozářením je zkratkou „As low as reasonably achievable“, v překladu toto znamená „Tak nízko, jak je rozumným způsobem dosažitelné“. Důležitá je analýza rizik a přijímání opatření, která jsou ekonomicky a společensky zdůvodnitelná, neustále vyhledávat a vyhodnocovat všechna rizika a přijímat vhodná opatření (Skřehot, 2009).

V rámci činností v KP se jedná o minimalizaci zevního ozáření pracovníků pracujících se zdroji IZ nebo v jejich blízkosti. Principu ALARA v provozu JE Temelín je dosahováno následujícími způsoby, jak uvádí Koláček (2016):

Příprava před prací: Kam jdu, co bude má činnost, jak to budeme dělat

Čas: používáním vhodných pracovních nástrojů (vrtačka x el. vrtačka), vyšší počet pracovníků, střídání pracovníků, nácvik plánované činnosti před jejím provedením

Vzdálenost: pracovat co nejdále od zdroje IZ, používáním dálkových manipulátorů

Stínění: použít v blízkosti zdroje IZ přenosné stínění, použít stínění na zdroj IZ v blízkosti vykonávané činnosti, popřípadě vykonávat činnosti za stěnou pokud je to možné

1.7.3 Havarijní ochrana pracovníků JE Temelín

V případě vyhlášení 3. stupně mimořádné události je závodním rozhlasem vyhlášeno ukrytí a pracovníci se přesouvají do úkrytů civilní ochrany (dále jen „CO“). V rámci JE Temelín jsou k dispozici v běžné pracovní době 3 úkryty pro pracovníky a 1 úkryt pro havarijní štáb. Ukrytí pracovníků je s ohledem na vybavení úkrytů a provozní vybavení plánováno maximálně na 72 hodin. Pracovníci (zejména pracovníci ČEZ a.s.) jsou vybaveni havarijním balíčkem, který obsahuje oděv, rukavice a návleky TYVEK, respirátor a balení jodidu draselného (jódová profylaxe). Tímto balíčkem jsou vybaveny úkryty CO pro zaměstnance, kteří jdou do krytu z místa mimo své pracoviště, pro zaměstnance dodavatelských firem a pro ostatní lidi kteří jsou v areálu elektrárny přítomni (exkurze, jednorázová dodavatelská činnost apod.). Ochranné pomůcky TYVEK slouží jako ochrana před povrchovou kontaminací

a jodid draselný pro nasycení štítné žlázy neradioaktivním jódem při radiační havárii (Koláček, 2022)

1.7.4 Základní informace pro obyvatele při radiační mimořádné události

Důležitým prvkem ochrany obyvatelstva v zóně havarijního plánování, ale i mimo ni je informovanost o opatřeních souvisejících s vyhlášením radiační mimořádné události.

v rámci zóny havarijního plánování JE Temelín je lidem každé dva roky doručován kalendář, jehož přílohou je příručka se základními informacemi v případě radiační havárie (dále jen „havarijní příručka“). Havarijní příručka popisuje JE a její fungování, popisuje radiační havárii a postupy při vyhlášení radiační havárie, popisuje zabezpečení osob, majetku a zvířat a v neposlední řadě popisuje způsob evakuace. Dále je v havarijní příručce vložena i mapa tras evakuace ze zóny havarijního plánování (Příručka pro ochranu obyvatelstva, 2021).

1.8 Radiační mimořádná událost

Základní rozdělení mimořádných situací, při kterých došlo k neočekávanému ozáření či rozptýlení radioaktivních látek je rozdělení na radiační nehody a radiační havárie. Radiační nehody jsou události, při kterých dochází k nepřípustnému uvolnění radioaktivních látek nebo IZ nebo ozáření osob, které jsou zpravidla omezeny na prostory pracoviště. Radiační havárie je radiační nehoda vyžadující učinění opatření pro ochranu obyvatelstva a životního prostředí z důvodu úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Neodkladná opatření v tomto případě jsou ukrytí, jodová profylaxe a evakuace. Následná opatření jsou pak závislá na hodnotách vnějšího ozáření, kontaminaci zasaženého území a vnitřní kontaminaci. Následky a závažnosti radiační nehody nebo havárie závisí na celkovém množství a složení radionuklidů na energii, jakou jsou radionuklidy uvolňovány na prostředí, kam jsou uvolňovány a na mechanismu šíření (Klener, 2000).

AZ 263/2016 Sb. §4 rozlišuje 3 druhy radiačních mimořádných událostí (dále jen „RMU“). RMU prvního stupně, radiační nehodu a radiační havárii. U těchto událostí může dojít nebo dochází k překročení limitů ozáření a vyžadují opatření proti jejich překročení a zhoršování situace z pohledu zajištění RO (Zákon č. 263/2016 Sb.).

RMU prvního stupně je událost, která je zvládnutelná silami a prostředky pracovníkův rámci výkonu práce v aktuální směně, při jejíž činnosti RMU vznikla (Zákon č. 263/2016 Sb.).

Radiační nehoda je RMU, kterou nelze zvládnout silami a prostředky pracovníků v rámci aktuální směny, při které RMU vznikla nebo vzniká, ale nevyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo (Zákon č. 263/2016 Sb.).

Radiační havárie je RMU má stejné znaky jako radiační nehoda s tím rozdílem, že radiační havárie vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo (Zákon č. 263/2016 Sb.).

Pro možnost vzniku radiační havárie je vypracován typový plán v souladu s nařízením vlády č. 462/2000 Sb., který popisuje náležitosti a způsob zpracování krizového plánu. Garantem typového plánu pro radiační havárie je SÚJB. Tento dokument popisuje RMU v rámci jaderných elektráren v ČR, jejich možné příčiny vzniku RMU, fáze vývoje RMU, neodkladná a přijímaná opatření, postup informování institucí o RMU, výčet sekundárních událostí v rámci RMU a následné dopady RMU na společenskoekonomické, mezinárodní úrovni a dopadech na zdraví osob, životní prostředí a dopadů na kritickou infrastrukturu (Vávra, 2022).

Pro vyjádření mimořádných událostí na JEZ nebo událostí s jaderným materiálem na mezinárodní úrovni byla na začátku roku 1990 zavedena mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí známá pod zkratkou INES – The International Nuclear Event Scale. Účelem je usnadnění a zrychlení komunikace s veřejností a odbornou společností o bezpečnostní mimořádné události se zdroji záření. Stupnice má 8 stupňů, která začíná od nuly která nepředstavuje žádné bezpečnostní riziko až po stupeň 7, který popisuje závažnou havárii s únikem radioaktivních látek mimo areál JE s ohrožením obyvatel a životního prostředí (IAEA, 2014).

Bližší popis jednotlivých stupňů stupnice INES je popsán v příloze E.

1.9 Havárie jaderně energetických zařízení

1.9.1 JE Jaslovské Bohunice

Jak již bylo uvedeno výše ani tehdejšímu Československu se nevyhnuly problémy s provozem JEZ. V JE Jaslovské Bohunice A-1 došlo ke dvěma významným nehodám, z níž jedna vedla k havárii a následnému odstavení reaktoru. První nehoda se stala v lednu roku 1976, kdy chybnou manipulací s čerstvým palivem došlo k nedostatečnému zasunutí a zajištění paliva do AZ. Tím následně došlo k vymrštění palivového článku do prostoru reaktorového sálu a došlo k úniku chladiva, kterým pro tento typ reaktoru byl oxid uhličitý. Oxid uhličitý zaplnil spodní části reaktorovny, kde se nacházeli dva zaměstnanci, kteří se udusili. Pohotovou reakcí zaměstnanců obsluhujících stroj zavážející palivo do aktivní zóny, byl tímto strojem zastaven únik paliva a tím nedošlo k velké ztrátě chladiva. To by vedlo k přehřátí paliva, k jeho poškození a následkům, které by mohli být podobného charakteru, jako byla jaderná havárie v Černobylské elektrárně (Dušek, 2001).

Druhá nehoda se stala v únoru roku 1977, při výměně palivového článku. Pro zachycení vlhkosti při skladování čerstvého paliva byl požit silikagel. Při skladování paliva došlo k protržení sáčku se silikagelem, čehož si obsluha všimla a následně odstranila, bohužel část silikagelu se dostalo do chladících kanálku paliva. Před výměnou byla nedostatečně provedena kontrola palivového článku na přítomnost cizích předmětů. Tím došlo k omezení průchodu chladiva palivem, které se následně začalo tavit, došlo k částečnému natavení těžkovodní nádoby a průniku těžké vody do I.O., který byl silně kontaminován. Tím došlo k poškození aktivní zóny a odstavení reaktoru. Netěsnostmi na PG se dostala radioaktivita částečně i do II.O., ale všechny radioaktivní látky zůstaly uvnitř zařízení elektrárny. Následně bylo rozhodnuto o trvalém odstavení reaktoru, který je nyní ve fázi vyřazování z provozu. Tato nehoda byla na mezinárodní stupnici INES ohodnocena stupněm číslo 4 (Nový, 2015).

1.9.2 JE Three mile island

JE Three Mile Island (dále jen „TMI“) se nachází přibližně 16 km od Harrisburgu v Pensylvánii v USA na stejnojmenném ostrově uprostřed řeky Susquehanna. Elektrárna TMI měla 2 tlakovodní reaktory, první blok o výkonu 819 MWe (TMI-1) a druhý blok o výkonu 880 MWe (TMI-2). Havárie na druhém bloku elektrárny TMI-2 začala 28. března 1979 ve 4 hodiny ráno místního času necelé tři měsíce od začátku

provozu TMI-2. Ze začátku se jednalo o relativně malou poruchu na čerpadle napájecí vody do PG v II.O. chladící vody. Následkem zastavení cirkulace vody v II.O. došlo ke zvýšení teploty a tlaku v I.O. a to vedlo k zapůsobení ochran a k vypnutí reaktoru, které trvalo asi 1 vteřinu. Současně s vypnutím reaktoru otevřel pojistný ventil pro uvolnění tlaku v I.O., který měl po 10 vteřinách zavřít, ale nestalo se tak a pojistný ventil zůstal otevřený. Operátoři věřili, že je pojistný ventil uzavřený, protože přístroje ukazovaly, že do ventilu byl vyslán povel zavřít. Ventil neměl snímač poloh, a proto operátoři neznali skutečnou polohu ventilu. Tím docházelo k vypouštění chladící vody z reaktoru do nádrže uvolňovače tlaku, kde stoupala hladina. Operátoři následně snížili objem vody doplňované do I.O., protože v rámci školení operátorů byla tehdy hladina vody v nádrži uvolňovače tlaku považována za spolehlivý ukazatel množství chladící vody v systému I.O.. Snížením doplňování vody do I.O. se v reaktoru tvořila pára a čerpání směsi chladící vody s párou docházelo k vibracím na čerpadlech, které operátoři z obav o poškození vypnuli. Tím bylo zastavené nucené chlazení aktivní zóny. Vyvařováním chladící vody došlo k odkrytí paliva, které se začalo ještě více zahřívat. Došlo k poškození a natavení paliva a radioaktivní materiál se začal uvolňovat do chladící vody (WNA, 2022).

V 6 hodin 22 minut místního času operátoři zavřeli blokovací ventil mezi pojistným ventilem a nádrží uvolňovače tlaku. Tato manipulace zastavila vypouštění chladící vody, ale přehřátá pára a plyny blokovaly průtok chladící vody. V aktivní zóně začaly vznikat vodíkové bubliny a hrozil výbuch. V odpoledních hodinách bylo zahájeno vysokotlaké vstřikování vody do chladícího systému I.O. pro zvýšení tlaku a zmenšení parních bublin, ale stále nebyl vyřešen problém s vodíkem. Následně bylo rozhodnuto o řízeném uvolňování radioaktivních plynů pro snížení vodíku v reaktoru. Vyjímečný stav byl vyhlášen v 7 hodin místního času, byla informována federální vláda a místní úřady, byl vydán zákaz vycházení a zákaz větrání. V 19 h 50 minut místního času bylo obnoveno nucené chlazení aktivní zóny reaktoru. Po měsíčním dochlazování reaktoru bylo 27. dubna uvedeno do funkce přirozená cirkulace chladiva, kdy teplota v I.O. byla menší než 100 °C. V červenci 1984 byl reaktor roztěsněn a bylo odkryto horní víko reaktoru. Následně bylo zjištěno, že téměř 50% aktivní zóny, přibližně 62 tun materiálu, bylo roztaveno a z toho 19 tun skončilo ve spodní části reaktoru. Tato nehoda byla ohodnocena stupněm INES 5 (WNA, 2022).

Provozovatel elektrárny zpočátku havárii tajil a zlehčoval. K evakuaci osob došlo až po dvou dnech. V okruhu 50 km od elektrárny bylo evakuováno více než 60 tis. osob, převážně těhotných žen a dětí. Přibližně 140 tis. osob provedlo samoevakuaci, jelikož nedůvěřovali úřadům. Do dnes není přesně známé, kolik radioaktivních látek uniklo do životního prostředí. Bylo provedeno mnoho studií, které konstatovaly, že únik radioaktivity neměl žádný vliv na životní prostředí a jiné studie, které potvrzovali vliv na životní prostředí a obyvatelstvo (No Nukes Action Committee, 2012)

První blok JE TMI – 1 byl bez větších závad v provozu 45 let a to od roku 1974 do roku 2019. Nyní prochází procesem vyřazování z provozu (IAEA, © 2022a).

1.9.3 JE Černobyl

JE Černobyl je umístěna u města Pripjať, 18 km severozápadně od města Černobyl, 16 km od hranic Ukrajiny a Běloruska a vzdálena přibližně 130 km severně od ukrajinského hlavního města Kyjev. Elektrárna měla v provozu 4 reaktory o výkonu 950 MWe (3200 MWt) a další 2 reaktory byly ve výstavbě. Všechny reaktory byly typu RBMK 1000. K nehodě došlo na 4. bloku 26 dubna krátce po půlnoci v 1 h 24 min místního času. Po nezvládnutém zkoušce nouzového napájení a několika chybných rozhodnutích došlo k parnímu výbuchu, který zapříčinil jednu z největších havárií JEZ. Zkouška měla prověřit schopnost generátoru napájet proudem po 40 sekund čerpadla havarijního chlazení po odstavení přívodu páry na turbínu (Šustrová, 2014).

Zkouška nouzového napájení byla zahájena už 25 dubna v odpoledních hodinách snižováním výkonu na polovinu a odstavením jednoho turbogenerátoru. Současně byl odstaven systém havarijního chlazení. Zkouška byla následně posunuta a neprobíhalo další snížení výkonu. Mezitím proběhla výměna směn a nová směna nebyla na zkoušku připravena, ale dále v ní pokračovala. Od 23 h 10 min místního času bylo zahájeno další snižování výkonu. Chybným postupem proběhlo snížení výkonu příliš rychle a došlo prakticky k zastavení štěpné reakce výkon byl přibližně 30 MWt. Při velmi nízkých výkonech vzrůstá v reaktoru koncentrace xenonu Xe^{135}, který má velkou schopnost absorpce neutronů a nastala tzv. „xenonová otrava reaktoru“. V tomto okamžiku měl být reaktor odstaven a zkouška ukončena. Přesto bylo rozhodnuto o pokračování zkoušky. Operátoři měli problém udržet správné hodnoty tlaku a obsahu páry v reaktoru. Za běžných okolností by zapůsobily havarijní ochrany reaktoru, které předchozí směna zablokovala, aby nedošlo k odstavení reaktoru. Dalším signálem

za normálních k odstavení bylo zjištění polovičního počtu regulačních tyčí oproti minimální povolené hodnotě. I přes tato zjištění bylo pokračováno ve zkoušce. K 6 pracujícím HCČ byly připojeny 2 záložní čerpadla, pro zajištění dostatečného chlazení reaktoru i po ukončení experimentu. 4 HCČ měla následně sloužit jako zátěž dobíhajícího generátoru po zkoušce. Zvýšené doplňování chladiva mělo za následek snížení obsahu páry v chlazení aktivní zóny, čímž dále klesala reaktivita a systém reagoval vytahování dalších regulačních tyčí, čímž klesl jejich počet na 6-8, minimální požadovaný počet byl 30 regulačních tyčí v aktivní zóně. Výkon reaktoru se ustálil na výkonu 200 MWt. Jakákoliv následná změna teploty nebo tlaku chladiva vyvolává velké změny v obsahu páry a tím následně i velké změny výkonu. V 1 h 23 min místního času byl operátory zablokován havarijní signál odstavující reaktor po uzavření přívodu páry na parní turbínu. Toto opatření bylo v rozporu s plánem zkoušky. Operátoři chtěli zajistit podmínky pro budoucí opakování (SÚJB, 2021a).

Samotná zkouška byla zahájena ventilu přívodu páry na turbogenerátor. Po snížení výkonu 4 HCČ od dobíhajícího turbogenerátoru došlo ke snížení průtoku chladící vody v reaktoru, čímž narůstala teplota a tlak. To vedlo k většímu vývinu páry, zvýšení reaktivity a výkonu reaktoru. Systém regulace začal zasouvat regulační tyče pro snížení výkonu, ale nárůst výkonu byl příliš rychlý. Zvyšující se teplota a snížené množství chladící vody vedlo k přehřátí paliva a k destrukci pokrytí paliva. V 1 h 23 min 40 sec místního času byl operátory vydán povel k havarijnímu odstavení reaktoru zasunutím regulačních tyčí. Jak již bylo uvedeno, téměř všechny tyče byly vytaženy a tím byl jejich účinek velmi pomalý. Grafitové části regulačních tyčí vytlačovali chladící vodu z kanálků a tím více byla podpořena štěpná reakce, jelikož grafit pohlcuje méně neutronů než voda. V 1 h 24 min místního času došlo ke dvěma výbuchům. Při prvním výbuchu došlo k parnímu výbuchu po styku vody a horkého paliva. Tento výbuch odmrštil betonovou desku reaktoru o váze 1000 t. Do roztrženého bloku vnikl vzduch a reakcí vodíku s kyslíkem došlo k druhému výbuchu. Část aktivní zóny včetně paliva a hořícího grafitu byla rozmetána. Došlo ke zničení střechy reaktorové budovy a v reaktorové hale propukl požár. Pádem střechy do prostoru reaktorového sálu došlo k vyvržení mračna kouře a přibližně 5 tun radioaktivních látek. Velké úniky radioaktivity z reaktoru se podařilo snížit až po 10 dnech za pomoci velkého počtu hasičů a příslušníků armády s mizivou ochranou před radiací. Radioaktivní mrak, který obsahoval mimo jiné radioaktivní jód I^{137} a cesium Cs^{137}, byl zanesen nad střední Evropu, Balkán

a nad skandinávské státy. Havárie si bezprostředně vyžádala 31 obětí z řad zaměstnanců a zasahujících hasičů. 237 lidí onemocnělo akutní nemocí z ozáření a další stovky až tisíce likvidátorů nehody obdrželi dávky v rozmezí 300 až 500 mSv, což je 25 krát více než je současný povolený limit ozáření pro radiační pracovníky v rámci provozu JE Temelín během jednoho roku. Tato havárie je v rámci mezinárodní stupnice INES ohodnocena stupněm 7, tedy nejvyšším možným stupněm. (SÚJB, 2021a)

Evakuace osob z Pripjati byla zahájena až 27 dubna ve 14 hod. a ukončena po 3 hodinách od vyhlášení, kdy bylo celkem evakuováno na 50 tisíc osob. Kolona autobusů byla dlouhá 20 kilometrů. Obyvatelé si mohli vzít s sebou pouze nezbytné věci. Domácí zvířata nebo dobytek nesměli brát s sebou z důvodu jejich možné kontaminace radioaktivním prachem (Chernobylx, 2020).

Komerční provoz JE Černobyl byl odstavením posledního reaktoru na konci roku 2000 ukončen. Zbylé reaktory jsou nyní ve fázi vyřazování z provozu. Dostavba 5 a 6 bloku byla roku 1988 zastavena (IAEA, © 2022b).

1.9.4 JE Fukušima I Daiichi

JE Fukušima I Daiichi leží na východním pobřeží Japonska a nachází se přibližně 220 km severovýchodně od hlavního města Tokio. Elektrárna disponovala 6 bloky s varným typem reaktoru BWR. První blok JE Fukušima Daiichi byl uveden do provozu 17. listopadu roku 1970. Další bloky byly spouštěny postupně mezi léty 1974 až 1979 (IAEA, © 2022c).

První 4 bloky JE leží 10 m nad mořskou hladinou bloky 5 a 6 jsou ve výšce 13 m nad mořskou hladinou. První projektová dokumentace JE vycházela z do té doby nejvyšší zdokumentované tsunami, která zasáhla pobřeží v roce 1960. Tato vlna tsunami byla důsledkem zemětřesení v Chile a na pobřeží měla výšku 3,1 m. Později již za provozu elektrárny, bylo znovu provedeno Japonskou společností stavebních techniků (dále jen „JSST“) nové hodnocení a bylo propočítáno, že by pobřeží mohla zasáhnout i vyšší vlna tsunami. V reakci na novou zprávu, byla roku 2002 čerpadla mořské vody přemístěna do výšky 5,7 m nad mořskou hladinu, vlnolamy jsou ve stejné výšce. A roku 2009 byla přesunuta o dalších 40 cm do výšky 6,1 m nad mořem. Elektrárnu od začátku výstavby do havárie chránily pouze dva vlnolamy, které měli výšku 5,7 m nad mořskou hladinou Mezi roky 2002 a 2009 byly výzkumníky vládních agentur zveřejněny informace o možném zvýšeném výskytu zemětřesení

v tichomořském pobřeží, které by mohly vyvolat násobně větší vlny tsunami. Výsledky výzkumu byly příliš obecné bez popisu možných zasažených míst, oblastí a charakteristických znaků uvažovaného zemětřesení čí tsunami. Technici provozovatele JE provedli vlastní výzkum a mnoho propočtů, ze kterých vyplynulo, že pobřeží by mohly zasáhnout velké vlny tsunami se stanovením maximální potenciální výšky vlny až 15,7 m. Nové výpočty byly přijímány s jistou nedůvěrou z důvodu hypotetických předpokladů. V roce 2009 byla JSST posouzení výpočtů a posouzení o revidování dosud platných norem zabezpečení. V době havárie na JE Fukušima I v březnu 2011 byly stále přezkoumávány možné varianty rizik spojené s vlnou tsunami a se zaplavením objektů JE (WANO, 2013).

Dne 11. března 2011 ve 2h 46 min zasáhlo východní pobřeží Japonska zemětřesení o magnitudě 9 s epicentrem 130 km vzdáleného východně od města Sendai, přibližně 180 km od pobřeží Fukušimy. Jednalo se o páté největší zaznamenané zemětřesení od roku 1900. Následkem zemětřesení v rámci projektových ochran reaktorů došlo k jejich automatickému havarijnímu odstavení zasunutím regulačních tyčí na blocích 1 až 3, které byly v provozu. Bloky 4,5 a 6 byly odstaveny z důvodu pravidelné odstávky pro výměnu paliva a údržby. Zemětřesením došlo k porušení elektrického vedení a tím bylo přerušeno vnější napájení elektrárny. Tím došlo k nastartování nouzových dieselgenerátorů pro zajištění napájení nouzových systémů. Přibližně 50 min po zemětřesení zasáhla elektrárnu a všech 6 bloků první vlna tsunami o výšce přes 15 m. Vlnou došlo k zneprovozuschopnění bezpečnostních zařízení, nouzových dieselgenerátorů a čerpadel na mořskou vodu. Bloky 1,2 a 4 ztratily veškeré zdroje napájení, blok 3 si zachoval napájení ze záložních baterií přibližně na 30 hodin, blok 6 si zachoval v provozu vzduchem chlazený dieselgenerátor, který dokázal stabilizovat 5 a 6 blok. Vlivem vlny tsunami došlo ke zničení veškeré infrastruktury, těžké techniky a stále probíhaly otřesy, které ztěžovali již tak obtížné podmínky. Výpadkem chlazení došlo k postupnému poškození aktivních zón u reaktorů 1,2 a 3 bloku, stykem velmi horkého zirkoniového pokrytí paliva s párou došlo chemickou reakcí ke vzniku a hromadění vodíku v aktivní zóně. Následně u těchto bloků došlo k vodíkovým výbuchům. K výbuchu na 4 bloku došlo z důvodu propojených ventilačních systému mezi 3 a 4 blokem (WANO, 2013; SÚJB, 2021b).

Celkově došlo k asi desetinásobně menšímu úniku radioaktivních látek do životního prostředí než při havárii černobylské elektrárny. Vlivem příznivých povětrnostních

podmínek zasáhlo pevninskou část přibližně 20 % spadu, zbytek byl rozptýlen nad mořskou hladinou. V souvislosti s havárií byla vyhlášena evakuace obyvatel v okruhu 2 km od elektrárny a v okruhu 3-10 km bylo vyhlášeno ukrytí obyvatel. Postupně s ohledem na nepříznivý vývoj situace na elektrárně došlo na rozšíření okruhu evakuace osob až na 20 km od elektrárny. Evakuace osob v okruhu 20 km byla dokončena až 15. března (4 den od havárie). Z důvodu nedostupnosti vnějšího napájení bylo po složitých manipulacích s odtlakováním reaktoru, za uvolňování radioaktivních látek do ovzduší, zahájeno doplňování vody do tlakové nádoby reaktoru za pomoci požárních cisteren. Zpočátku se jednalo o slanou mořskou vodu, která byla při první možné příležitosti nahrazena sladkovodní vodou. Tento stav trval 11 dnů, než došlo k obnovení elektrického napájení. Dochladit poškozené reaktory pod teplotu 100 °C se podařilo až v prosinci 2011. Bloky 5 a 6 se po prvotních problémech podařilo udržet ve stabilizovaném stavu bez poškození reaktorů.Elektrárna již nebyla zprovozněna a je v procesu vyřazování z provozu. Tato havárie byla ohodnocena na mezinárodní stupnici INES stupněm 7. Jedná se o druhou nejzávažnější havárii v rámci provozu jaderných elektráren (WANO, 2013; SÚJB, 2021b).

Celkově si zemětřesení vyžádalo přes 19 500 obětí na lidských životech, bylo poškozeno více než 400 tis budov. Nejvyšší vlna tsunami, která zasáhla pobřeží Japonska, byla až 38 metrů vysoká (NOAA, 2021).

1.10 Prevence závažných havárií

Zákon 224/2015 Sb. *Zákon o prevenci závažných havárií* se zabývá povinnostmi právnických a fyzických osob a výkonem státní správy na úseku prevence závažných havárií. Tento zákon zpracovává a sjednocuje požadavky Evropské Unie (EU) do českého právního systému. Tento zákon ukládá provozovatelům za povinnost identifikovat a zhodnotit nebezpečí a možná rizika a přijmout všechna potřebná bezpečnostní opatření (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Mimo působnost tohoto zákona jsou vojenské objekty, skládky odpadu, geologické práce a hornické činnosti, silniční, železniční, letecká a vodní doprava nebezpečných látek mimo objekty (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Povinností fyzické nebo právnické osoby je zpracovat seznam nebezpečných látek, provede výpočet množství nebezpečných látek dle zákona, a dle výpočtu buď zpracuje

protokol o nezařazení, nebo navrhne zařazení objektu do skupiny A nebo B (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Povinností provozovatele objektu skupiny A je zpracování bezpečnostního programu na základě posouzení rizik. Bezpečnostní program obsahuje základní informace o provozovaném objektu, posouzení rizik závažné havárie, popisuje zásady cíle a politiku prevence závažných havárií a v neposlední řadě popisuje systém řízení bezpečnosti. Návrh bezpečnostního programu předkládá provozovatel krajskému úřadu ke schválení do 6 měsíců od zařazení objektu do skupiny A, které nabylo právní moci (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Provozovatel objektu skupiny B je povinen zpracovat bezpečnostní zprávu na základě posouzení rizik závažné havárie. Bezpečnostní zpráva obsahuje základní informace o objektu a jeho technický popis, posouzení rizik závažné havárie, popis systému řízení bezpečnosti, popis preventivních opatření pro snížení vzniku rizika a následků závažné havárie. Návrh bezpečnostní zprávy předkládá provozovatel krajskému úřadu ke schválení do 9 měsíců od zařazení objektu do skupiny B, které nabylo právní moci (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Povinností provozovatele objektu skupiny B, který zpracovává bezpečnostní zprávu, je zpracování havarijního plánu (dále jen „HP“). Ty jsou rozděleny na vnitřní havarijní plán a vnější. Cílem havarijních plánů je vytvoření funkčních plánů pro případy vzniku mimořádných událostí. Tyto plány popisují činnosti a opatření pro minimalizaci následků při vzniku mimořádných událostí (Zákon č. 224/2015 Sb.).

1.10.1 Vnitřní havarijní plán

Vnitřní HP je zpracováván pro jaderná zařízení nebo pracoviště s významnými zdroji ionizujícího záření a objekty a zařízení, která dle zákona 224/2015 Sb. patří do skupiny B. Vnitřním HP je soubor bezpečnostních opatření pro omezení a snížení následků radiační nehody nebo radiační havárie. Postupy k zabezpečení radionuklidového zdroje jsou popsány ve vyhlášce 422/2016 Sb. *Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. Vnitřní havarijní plán vypracovává provozovatel a je součástí dokumentace pro povolování provozu JEZ. Vnitřní HP obsahuje popis možných havárií, popis jejich možných následků, uvedení způsobu jejich zvládání, přehled ochranných prostředků, které má provozovatel k dispozici, vyrozumění dotčených orgánů, způsob varování obyvatel, opatření a plán havarijních cvičení, opatření pro zmírnění následků

havárie zasahující mimo objekt a v neposlední řadě přehled sil a prostředků složek IZS spolupracujících při řešení havárie (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Povinností provozovatele je zajištění aktualizace vnitřního HP při každé změně druhu a množství nebezpečných látek a při každé změně na technologii s nebezpečnými látkami a to do 1 měsíce od provedené změny. Další povinností je prokazatelně seznamovat zaměstnance, dlouhodobé dodavatele a ostatní osoby dlouhodobě se zdržující v objektu, pro který byl HP vypracován. Aktualizaci vnitřního HP provádí provozovatel nejméně jednou za 3 roky. AZ dále ukládá provozovateli povinnost provádět procvičování postupů zvládání RMU podle událostí stanovených ve vnitřním HP. Provozovatel poskytuje podklady vnitřního HP složkám HZS kraje pro zpracování vnějšího havarijního plánu (Zákon č. 224/2015 Sb.).

1.10.2 Vnější havarijní plán

Vnější HP pro jaderná zařízení o objekty skupiny B se zpracovává pro zónu havarijního plánování. Zóna havarijního plánování (ZHP) je popisována jako oblast v okolí objektu, kde jsou uplatňovány požadavky na ochranu obyvatelstva. Vnější HP popisuje činnosti a bezpečnostní opatření pro minimalizaci následků průmyslové havárie v okolí objektu. Podklady pro zpracování vnějšího HP a zóny havarijního plánování obsahují identifikaci provozovatele, identifikaci osoby zpracovávající podklady, popis závažné havárie a jejích možných následků, které se mohou projevit mimo objekt, přehled preventivních bezpečnostních opatření pro zmírnění následků, seznam prostředků pro likvidaci následků havárie. Vnější HP zpracovává HZS příslušného kraje dle vyhlášky 226/2015 Sb. *Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování,* a dle zákona 239/2000 Sb. *Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*, společně s bezpečnostní zprávou a dalšími nezbytnými podklady pro jeho vypracování, které předává provozovatel. Havarijní plán kraje schvaluje hejtman kraje. Podklady pro stanovení zóny havarijního plánování předkládá provozovatel současně krajskému úřadu a HZS příslušného kraje. Aktualizaci vnějšího HP provádí HZS příslušného kraje nejméně jednou za 3 roky (Zákon č. 224/2015 Sb.; Zákon č. 263/2016 Sb.).

Vnější HP obsahuje informativní část, operativní část a plány konkrétních činností.

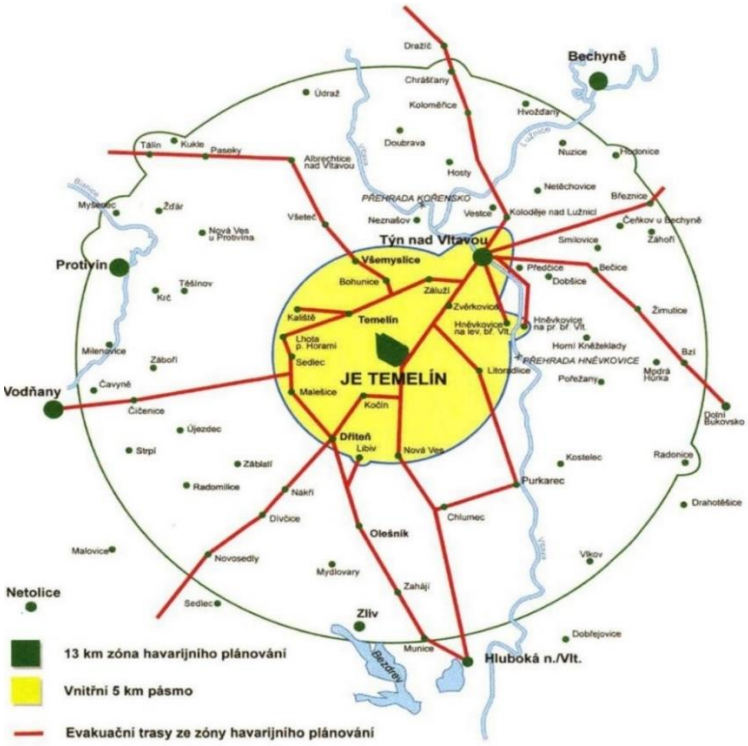
Informativní část popisuje základní informace o provozovateli, o objektu a charakteristiku území, popis zóny havarijního pánování. Dále je popsáno demografické,

geologické a klimatické rozložení území. Obsahuje analýzy možných rizik v případě havárie a jejích vlivů na obyvatelstvo, zvěř a životní prostředí. Popisuje požadavky na ochranu obyvatel a životního prostředí (Smetana, 2010).

Operativní část popisuje prostředky a síly pro záchranné a likvidační práce. Způsob jejich zajištění, pokud se jedná o kraj bez potřebných prostředků od sousedních krajů nebo z ústřední úrovně. Popis mimořádných událostí, pro které bude pomoc realizována s popisem konkrétní pomoci, popisu potřebných sil a prostředků a způsob povolání pro daný typ pomoci. Dále stanovuje způsob vyrozumění o MU a spojení (Smetana, 2010).

Plány konkrétních činností jsou zpracovány za účelem provádění likvidačních a záchranných prací. Patří mezi ně například plán vyrozumění, plán varování obyvatelstva, plán ukrytí obyvatelstva, traumatologický plán, plán individuální ochrany obyvatelstva, plán evakuace obyvatelstva a další (Smetana, 2010).

Zóna havarijního plánování v rámci provozu JE Temelín je rozdělena na vnitřní zónu, která má poloměr 5 km a vnější zónu která má poloměr 13 km se stejným středem, kterým je 1.HVB viz obrázek 3 (Koláček, 2022).



Obrázek 3: Zóna havarijního plánování JE Temelín
Zdroj: Koláček, 2022

1.11 Opatření ochrany obyvatelstva v případě vzniku MU

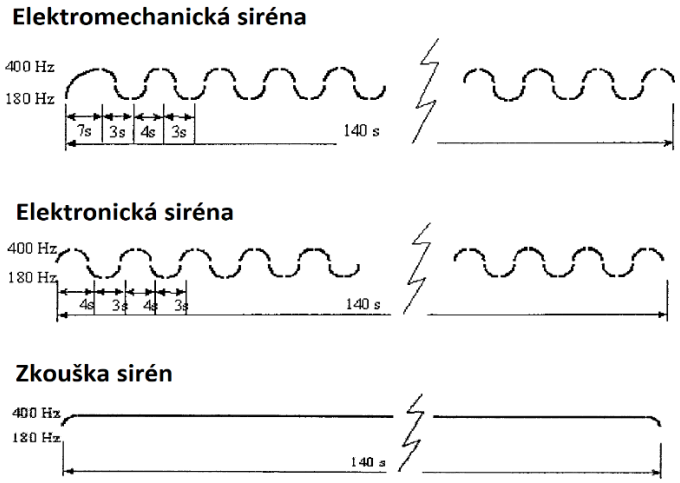
1.11.1 Varování a informování obyvatelstva

Předpokladem pro úspěšné realizování ochrany obyvatelstva je včasné varování a informování o hrozící nebo již vzniklé mimořádné situaci. Varování je definováno jako komplexní souhrn organizačních, technických a provozních opatření zabezpečujících včasné předání varovné informace o reálně hrozící nebo již vzniklé mimořádné události nebo krizové situaci, vyžadující realizaci opatření ochrany obyvatelstva (Štětina, 2014).

Nejvyužívanějším způsobem varování obyvatelstva je pomocí varovného signálu, po kterém následuje informace o povaze nebezpečí, vyhlášených ochranných opatřeních k ochraně života, zdraví a majetku. Varovný signál využívaný po celé ČR stanovuje vyhláška č. 380/2002 Sb., který je znám jako „Všeobecná výstraha“. Signál je vyhlašován pomocí kolísavého tónu v délce 140 vteřin s rozdílnými délkami náběhu sirény v závislosti na druhu využité sirény. Starší elektromechanická siréna má oproti novější elektronické má delší náběh. Ověřování provozuschopnosti je prováděno zpravidla první středu v měsíci ve 12 hodin, případné výjimky ze zkoušek sirén jsou předem vyhlášeny. Varovný signál je možno opakovat celkem 3 krát v 3 minutovém intervalu. Následně je po varovném signálu je vyhlášena informace dle charakteru MU s doplněním informací. Druhy vyhlašovaných informací v rámci vyhlášení varovného signálu jsou: „Všeobecná výstraha“, „Nebezpečí zátopové vlny“, „Chemická havárie“ a „Radiační havárie“. Po skončení MU by mělo být provedeno vyhlášení o odvolání nebezpečí informací: „Konec poplachu“. Pro zkoušku sirén se používá informace: „Zkouška sirén“. Poslední z vyhlašovaných informací je „Požární poplach“, který je určen pro svolání jednotek požární ochrany dobrovolných hasičů. V rámci ZHP objektu, pro který je tato zóna zamýšlena má provozovatel po projednání s HZS kraje za povinnost, zřídit udržovat a provozovat prvky varování. Tyto prvky varování provozovatele nenahrazují prvky ostatních subjektů, které jsou dány zákonem (Fiala, 2010; Hradil et al., 2018).

Při vyhlášení radiační havárie je nezbytné pro obyvatele žijící v ZHP zachovat klid a postupovat dle havarijní příručky. Vyhledat vhodné ukrytí, zapnout sdělovací prostředky, a sledovat například možné vyhlášení použití jódové profylaxe pokynem odpovědných orgánů či vyhlášení jiných opatření nebo sdělení informací.

Průběhy jednotlivých tónů jsou zobrazeny na obrázku 4.



Obrázek 4: Tvar a význam varovného signálu
Zdroj: Vyhláška č. 380/2002 Sb.

1.11.2 Ukrytí

Základním prvkem v opatření ochrany obyvatel je ukrytí při vzniku MU. K tomuto účelu je možno využít stálých úkrytů civilní ochrany nebo improvizovaných úkrytů. V dnešních podmínkách, kdy je zvýšené riziko průmyslových havárií s únikem nebezpečných látek, přírodní katastrofy nebo možný teroristický útok je kladen více důraz na improvizované ukrytí obyvatel z důvodu finanční náročnosti na udržování a provozování stálých úkrytů, které byly budovány hlavně z důvodu možného konfliktu v době studené války. Stále úkryty mají v mírové době většinou dvojí způsob využití, prvním je komerční využití jako kina, sklady, garáže a druhé využití je v rámci infrastruktury jako je strahovský tunel nebo pražské metro. U improvizovaného úkrytu je důležité vědět jaký druh mimořádné události byl vyhlášen, o jaký druh nebezpečí nebo nebezpečné látky se jedná v případě jejího úniku a dále podle toho zvolit ukrytí v suterénních prostorech nebo ve vyšší podlažích. Nejvhodnější jsou místnosti s robustními zdmi a málo okny. V případě úniku radioaktivních nebo chemických látek je nutno okamžitě uzavřít okna, dveře, důkladně utěsnit další otvory například v krbových kamnech a vypnout ventilaci, pokud je jí dům nebo budova vybavena. Netěsná místa, kde by mol vnikat zamořený vzduch do budovy přetěsníme lepící páskou (Fiala, 2010; Hradil et al., 2018).

1.11.3 Jódová profylaxe

Jódová profylaxe je důležitou ochranu při radiační havárii, kdy dochází k uvolňování radioaktivního jódu, který je součástí radioaktivního mraku spolu s dalšími látkami. Radioaktivní izotopy jódu I^{131} vstupují do těla po vdechnutí nebo požití a jsou zachytávány ve štítné žláze a poškozují ji. Následkem toho muže dojít k poškození deterministického typu v podobě poklesu funkce štítné žlázy nebo ke stochastického typu v podobě nádorových uzlů nebo rakoviny. Jódová profylaxe – jodid draselný KI brání ukládání radioaktivního jódu, popřípadě slouží k naředění radioaktivního jódu. Pokyn k podání KI vydává v rámci provozu JE směnový inženýr, v rámci obce je to starosta obce popřípadě jsou k tomu využity oficiální sdělovací prostředky jako je Český rozhlas nebo česká televize ČT 1 nebo ČT 24. Důležitá je včasnost podání. Pokud je podání uskutečněno 6 až 1 hodinu před očekávanou dobou příjmu radioaktivního jódu je ochrana téměř 100 %. Zpoždění podání KI má za následek snížení účinnosti na méně než 50 % při podání KI až 6 hodin po příjmu radioaktivního jódu. Podávání tablet je plánováno pro všechny obyvatele v zóně havarijního plánování JE a po upřesnění trasy šíření radioaktivního mraku při zasažení vzdálenějších míst je předpoklad vytvoření dostatečných zásob KI, které budou zasaženým obyvatelům bezprostředně doručeny (Klener, 2000).

1.11.4 Evakuace

Evakuace je jedno z opatření ochrany obyvatelstva, které je zvoleno v případě nemožnosti zajištění dostatečné ochrany obyvatel na zasaženém území a stávající ukrytí obyvatel je již nedostatečné. Plán evakuace v zónách havarijního plánování zpracovává krajský úřad potažmo HZS příslušného kraje. Včasné provedení evakuace je důležitou činností pro ochranu obyvatel. Rychlost evakuace je závislá na druhu MU, která bezprostředně hrozí svým negativním rozvojem nebo již ohrožuje obyvatele. Může se jednat o desítky hodin pro provedení evakuace nebo i v řádu několika hodin. Například při radiační havárii JE Černobyl bylo blízké město Pripjať s přibližně 50 tis osobami kompletně evakuováno za 3 hodiny. V rámci rozsahu evakuace rozlišujeme objektovou evakuaci a plošnou, kde u objektové se může jednat o evakuaci celé budovy nebo několika budov v těsné blízkosti, kde se může jednat například o požár nebo hrozící poškození budovy při porušené statice. Kdežto u plošné evakuace je uvažován větší územní prostor kde se jedná o živelné pohromy jako jsou povodně nebo rozsáhlé

průmyslové havárie například s únikem radioaktivních látek. V rámci doby evakuace rozlišujeme krátkodobou evakuaci a dlouhodobou evakuaci. Krátkodobá evakuace je uvažována v řádu hodin, kdy může být zajištěno nouzové přežití v podobě výdeje teplých nápojů, přikrývek apod. Dlouhodobá evakuace vyžaduje pobyt mimo trvalé bydliště na více než 24 hodin, kromě zajištění nouzového přežití je nutné zajistit i náhradní ubytování evakuovaných osob. Dalším důležitým aspektem je způsob provedení evakuace, a to buď samovolně nebo řízenou orgány zodpovědnými za evakuaci. Při samovolné evakuaci obyvatelé po varování a vydání informací opouštějí obydlí dle vlastního uvážení. Při řízená evakuace je organizována orgány zodpovědnými za evakuaci, evakuace probíhá buď pěšky, pomocí hromadných prostředků nebo vlastními dopravními prostředky (Smetana, 2010; Hradil et al., 2018).

Pro občany žijící v ZHP je doporučeno postupovat dle příručky pro ochranu obyvatelstva se základními informacemi pro obyvatelstvo v případě vzniku radiační havárie JE Temelín, kde jsou popsány postupy evakuace, evakuační trasy se stanovišti dekontaminace, adresy přijímacích středisek dle spádové obce, doporučené vybavení evakuačního zavazadla a zabezpečení a úkony před odchodem z domácnosti.

1.11.5 Individuální ochrana

Důležitým faktorem při individuální ochraně je charakter ohrožení. Při nevojenském ohrožení, které je převážně průmyslového charakteru, kdy může docházet k uvolňování nebezpečných chemických nebo radioaktivních látek bude individuální ochrana zaměřena na ochranu dýchacích cest a ochrany těla. Ve větší míře se bude jednat o improvizovaný způsob ochrany pomocí dostupných prostředků v rámci domácnosti. Pro celotělovou ochranu je nejvhodnější jednorázový celotělový oblek s kapucí v kombinaci s rukavicemi a návleky na obuv, tím můžeme docílit zakrytí velké plochy těla bez přechodů mezi různými druhy ochranného oblečení. Kapuci je nutno co nejvíce stáhnout pro co největší zakrytí obličejové části Dále je potřeba ochránit oči a dýchací cesty. Na ochranu očí využijeme plavecké, potápěčské nebo lyžařské brýle, kde zakryjeme ventilační průduchy lepící páskou. Ochranu dýchacích cest provedeme použitím ochranné roušky nebo jako náhradu můžeme využít tkaninu, kterou před zakrytím úst namočíme a vyždímáme. V případě vojenského charakteru ohrožení budou použity prostředky individuální ochrany pro vybrané kategorie osob. Převážně se bude jednat o ochranu dětí pomocí

ochranných kazajek pro děti do 6 let a masek s filtrem pro děti do 18 let a následně o ochranné masky pro dospělé. (Fiala, 2010; Hradil et al., 2018).

1.11.6 Dekontaminace

Dekontaminace je proces odstraňování kontaminantu z povrchu nebo prostředí. Dekontaminaci je nutné provést co nejdříve po kontaminaci, aby se omezilo působení škodlivých látek na zdraví zasažených osob. Nejméně náročným opatřením je vysvlečení oděvu, sprcha vlažnou vodou s mýdlem a výměna oděvu, ale vždy záleží na typu kontaminantu, míře a druhu kontaminace. Po částečné neboli prvotní dekontaminaci je téměř vždy potřeba provést kompletní hygienickou očistu v místech speciální očisty. V případě kontaminace z prostředí s přítomností radiace je následně prováděna dozimetrická kontrola zasažených osob, pro zjištění, zda úroveň kontaminace není větší, než povolují normy. Pokud i po opakovaném provedení základního očištění jsou naměřené hodnoty vysoké, může se jednat o vnitřní kontaminaci a je nutné tuto informaci předat lékaři. Dezaktivací je v rámci dekontaminace myšleno odstraňování radioaktivních látek z povrchů předmětů pod maximální přípustné meze aktivit, které můžeme z povrchů pouze odstranit. Radioaktivní látky nelze zničit pouze je nechat projít samovolným rozpadem s charakteristickým poločasem rozpadu dle druhu látky. Jakákoliv míra kontaminace nemůže být důvodem k zdržování evakuace osob ze zasažených oblastí. (Klener, 2000; Smetana 2010;).

V rámci evakuačních tras v ZHP JE Temelín je plánováno vybudování celkem 9 míst pro dekontaminaci vozidel a osob.

1.12 Statistika a metody pro výzkum

V současnosti lze chápat statistiku jako souhrn dat o hromadných jevech, dále jako činnost pro sběr, uspořádání, zpracování a prezentaci statistických dat a v neposlední řadě jako vědní disciplínu zkoumající zákonitosti hromadných jevů v podobě vědeckých metod sběru, zpracování a analýzy dat. Statistika je charakteristická zkoumáním jevů vyskytujících se ve velkém množství jedná se o tzv. hromadné jevy, které jsou vyjadřovány statistickými daty. Jevy, které jsou neopakovatelné – jedinečné nemající charakter hromadných jevů, statistika do svých zkoumání nezahrnuje (Stříž, 2008).

1.12.1 Základní metody deskriptivní statistiky

Základní pojmy pro statistická šetření:

Hromadný náhodný jev – HNJ – je definován jako realizování činností nebo procesu, odehrávajících se v rozsáhle množině prvků, kde nelze výsledek jistotou předpovědět. Tyto prvky mají určitou skupinu vlastností stejných a další skupinu odlišných vlastností,

Statistická jednotka – SJ – je dána stejnými shodnými vlastnostmi prvků zkoumané množiny,

Statistický znak – SZ – je vymezen některou z odlišných vlastností prvků zkoumané množiny,

Hodnota statistického znaku – HSZ – je kvantifikace zkoumaného SZ,

Základní statistický soubor – ZSS – je určen všemi statistickými jednotkami, jeho rozsah je roven počtu všech statistických jednotek. Obvykle nelze zkoumat statistický znak u všech statistických jednotek a pracovat s populačními charakteristikami, proto je přijatelnější cestou omezení počtu SJ,

Náhodný výběr – NV – je omezení počtu zkoumaných SJ takovým způsobem, aby bylo možné přenášet získané výsledky na celý ZSS. Existují rozmanité způsoby NV – např. losování nebo generování tabulkou náhodných čísel. Je nezbytné ověřovaní získaného výběru, zda ho lze považovat za náhodný,

Výběrový statistický soubor – VSS - je dán SJ vybranými ze ZSS procesem NV. Rozsah VSS je roven počtu SJ. Jeli zkoumán jeden SZ, jedná se o jednorozměrný VSS. Pokud je zkoumáno více SZ, jedná se o vícerozměrný VSS. (Záškodný et al., 2016).

Statistika zkoumající hromadný jev zjišťuje nejprve u SJ statistického souboru údaje o charakteristických znacích. Tato výchozí etapa získávání údajů a jejich zaznamenávání se nazývá statistickým šetřením. Smyslem statistického šetření je hledání proměnných SZ, zvolení SJ a určení statistického souboru. Pro statistické šetření je potřebné je definování věcného, prostorového a časového rozložení statistického souboru a SZ (Stříž, 2008).

Škálování

Škálování je vyjádření hodnot SZ pomocí jednotlivých elementů škály. Soubor prvků škály je interpretován jako škála. Dle charakteru SZ lze rozlišovat čtyři druhy škál: nominální, ordinální, kvantitativní metrická a absolutní metrická. (Záškodný et al., 2016).

Měření v deskriptivní statistice

Proces měření spočívá v přiřazování k prvku škály x_1, x_2, ..., x_k každé statistické jednotce VSS. Výsledkem měření je zjištění, že prvek škály x_i (i=1,2, až k) byl naměřen n_i krát. Všechny hodnoty n_i musí být v součtu rovny rozsahu n VSS.

Absolutní četnost – jejich součet n_i je roven rozsahu VSS (Záškodný et al., 2016, s. 19).

Relativní četnost - „Statistická pravděpodobnost $p(x_i)$ výsledku x_i je pak dána tzv. relativní četností n_i/n. Součet všech relativní četností musí být roven 1“ (Záškodný et al., 2016, s. 19).

Kumulativní četnost – kumulativní četnost $\Sigma n_i/n$ předkládá pravděpodobnost naměření výsledku, který bude menší nebo roven výsledku x_i. Kumulativní četnosti je možné zjišťovat pouze u kvantitativních metrických nebo absolutních metrických škál (Záškodný et al., 2016).

Elementární statistické zpracování

Výsledky měření je potřebné utřídit, graficky vyjádřit a provést parametrizaci pomocí vhodných empirických parametrů. Tyto úkoly lze splnit elementárním statistickým zpracováním v podobě tabulek, empirických rozdělení a empirických parametrů. (Záškodný et al., 2016).

Tabulky - tabulka je jednou z forem utřídění výsledků měření. Je složena z osmi sloupců. Úkolem prvních čtyř sloupců je zpřehlednění výsledků měření a znázornění empirických rozdělení. Následující čtyři sloupce pomocnou funkci pro snadný a rychlý výpočet empirických parametrů. (Záškodný et al., 2016)

První čtyři sloupce jsou rozděleny na prvky škály x_i, absolutní četnosti prvků škály n_i, relativní četnosti prvků škály n_i/n a kumulativní četnosti $\Sigma n_i/n$. Následující sloupce popisují součiny nezbytné k výpočtu empirických parametrů. Jsou v nich uvedeny součiny $x_i n_i$, $x_2 n_i$, $x_3 n_i$ a $x_3 n_i$ (Záškodný et al., 2016)

Empirické rozdělní četností

Empirická rozdělení lze členit dvěma základními způsoby, a to na přiřazování odpovídajících absolutních četností n_i nebo relativních četností $\Sigma n_i/n$ k prvkům škály x_i, a dalšího způsobu jsou přiřazeny k prvkům škály x_i odpovídající kumulativní četnosti $\Sigma n_i/n$ (Záškodný et al., 2016).

Empirické parametry – Lze prezentovat jako vyjádření povahy ZSS. Pojmenování empirických parametrů „výběrovými parametry" je spojeno s častým vztahováním vůči VSS a patří mezi významné výběrové charakteristiky výběrového statistického šetření. Tyto výběrové parametry mají mnoho kladů, ale i pár záporů, mezi které lze zařadit i zatížení výběrovou chybou. Pro snížení vlivu výběrové chyby je potřebné zajištění reprezentativnosti VSS. Nejvhodnějším směrem pro zajištění reprezentativnosti je provést náhodný výběr statistických jednotek výběrového statistického souboru (Záškodný et al., 2016).

Aritmetický průměr (parametr polohy) – zobrazuje empirické rozdělení četností ve vodorovné ose. Je vyjádřen pomocí obecného momentu 1. řádu (r=1) (Záškodný et al., 2016):

$$O_1(x) = \frac{1}{n}\sum n_i x_i$$

$$O_r(x) = \frac{1}{n}\sum n_i x_i^r \quad - \textit{obecný moment } r - \textit{tého řádu}$$

Empirický rozptyl (parametr proměnlivosti) – je určen centrálním momentem 2. řádu (r=2):

$$C_2(x) = \frac{1}{n}\sum n_i \, (x_i - O_1)^2$$

$$C_r(x) = \frac{1}{n}\sum n_i \, (x_i - O_1)^r \quad - \textit{centrální moment } r - \textit{tého řádu}$$

Směrodatná odchylka – odmocněním empirického rozptylu dostaneme směrodatnou odchylku. Zobrazuje výpovědní hodnotu aritmetického průměru (Záškodný et al., 2016). Výpočet:

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

Parametr šikmosti (koeficient šikmosti) – je často stanovován normovaným momentem 3. řádu N_3. Při kladném koeficientu šikmosti mají prvky škály, které leží nalevo od aritmetického průměru, vyšší četnosti a opačně. Při $N_3 < 0$ je sešikmení doprava (Záškodný et al., 2016). Výpočet:

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}}$$

$$N_r(x) = \sum \frac{n_i}{n}\left(\frac{x_i - O_1}{S_x}\right)^r - normovaný\ moment\ r - tého\ řádu$$

Parametr špičatosti (koeficient špičatosti) – Je často určován normovaným momentem 4. řádu. „špičatějšímu rozdělení četností při daném rozptylu odpovídá vyšší hodnota koeficientu špičatosti než rozdělení ploššímu, ideální koeficient špičatosti má hodnotu 3“ (Záškodný et al., 2016, s. 29). Výpočet:

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2}$$

1.12.2 Základní metody matematické statistiky

Neparametrické testování je statistická metoda přiřazování teoretického rozdělení k empirickému rozdělení. Výhodnost v nahrazení empirických rozdělení rozděleními teoretickými spočívá v získávání jinak nedostupných informací. Pro neparametrické testování je charakteristické rozčlenění četností do intervalů, teoretické rozdělení a aparát neparametrického testová ní (Záškodný et al., 2016).

Intervalové rozdělení četností – při neparametrickém testování je vhodné rozdělit hodnoty SZ nebo rozpětí prvků metrické škály u sledovaného SZZ na daný vhodný počet intervalů. Do vytvořených intervalů jsou následně rozřazeny odpovídající hodnoty SZ nebo prvky metrické škály. Doporučuje se pěti až pětadvaceti intervalů shodné délky (Záškodný et al., 2016).

Teoretické rozdělení četností – „teoretické rozdělení“ patří mezi základní pojmy teorie pravděpodobnosti. HNJ, jenž je předmětem statistiky i teorie pravděpodobnosti, je zkoumán v teorii pravděpodobnosti pod pojmy „Náhodný pokus“ a „Náhodná veličina“. Náhodným pokusem se rozumí provedení činností či procesů s výsledkem, který nelze jednoznačně předpovídat. Výsledek náhodného pokusu je náhodná veličina, která je tímto pokusem jednoznačně určena (Záškodný et al., 2016).

Výsledné hodnoty při náhodném pokusu se dají interpretovat buď slovně, nebo lze přiřadit jednotlivým základním jevům číselnou hodnotu. Při těchto pokusech jsou výsledky v podobě reálných čísel s hodnotou, kterou určuje výskyt některého ze základních jevů. Výsledná proměnná číselná hodnota je označována jako náhodná veličina (Stříž, 2008).

V případě náhodných veličin lze rozlišovat dva druhy jejich členění. Prvním druhem jsou hodnoty náhodných veličin, které na sebe nijak nenavazují, a jsou označovány jako diskrétní (nespojité). Druhý způsob rozčlenění je na je nazýván jako spojitý, kde na sebe hodnoty náhodné veličiny spojitě navazují. Rozdělení náhodné veličiny je pravidlo, které „*každé hodnotě náhodné veličiny nebo každému intervalu hodnot přiřazuje pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude této hodnoty nebo hodnoty z tohoto intervalu*“. (Záškodný et al., 2016, s 34).

Nejvíce využívanou a důležitou formou popisu teoretického rozdělení je tzv. *distribuční funkce F (x)*. Funkce udává pravděpodobnost, že náhodná veličina dosáhne hodnot menších nebo rovných než zvolená hodnota *x* (Záškodný et al., 2016).

Testování nulové hypotézy – základním způsobem neparametrického testování hypotéz je použití nulových a alternativních hypotéz. Nulová hypotéza je značena H_0 a alternativní hypotéza H_a. „*Nulová hypotéza předpokládá, že empirické rozdělení lze nahradit zamýšleným teoretickým rozdělením. Alternativní hypotéza pak předpokládá, že tato domněnka není správná. Podstatou testování neparametrických hypotéz je pak srovnávání teoretických a empirických četností. Empirické četnosti jsou vypočítávány prostřednictvím elementárního statistického zpracování ve vazbě na empirické rozdělení. Teoretické četnosti jsou vypočítávány prostřednictvím pravděpodobnostní funkce nebo hustoty pravděpodobnosti ve vazbě na zamýšlené teoretické rozdělení*“ (Záškodný et al., 2016, s. 40).

Základ zjišťování ploch jsou plochy pod Gaussovou křivkou normálního rozdělení, „*pomůckou jsou plochy pod Gaussovou křivkou odpovídajícího normovaného normálního rozdělení. Oba typy ploch úzce souvisejí s distribuční funkcí normálního rozdělení a s distribuční funkcí normovaného normálního rozdělení (tj. s Laplaceovou funkcí)*“ (Záškodný et al., 2016, s. 42).

Skupina teoretických rozdělení fungujících jako testová kritéria se používají pro ověřování neparametrických i parametrických hypotéz. Normální rozdělení

je jedinou výjimkou, protože může buď tvořit roli testového kritéria pokud bude v normované podobě nebo může nahradit empirické rozdělení pokud bude mít nenormovanou podobu. Nejvíce využívanými kritérii jsou rozdělení: Studentovo (t-test), Pearsonovo χ^2 (χ^2-test dobré shody), normální (u-test) a Fisherovo – Snedecorovo (F-test). Pro všechna vyjmenovaná rozdělení jsou sestavovány podrobné statistické tabulky. Pro ověřování hypotéz je nezbytné zvolit vhodné testovací kritérium. χ^2- test dobré shody je nejčastěji využíván pro neparametrické hypotézy (Záškodný, 2011).

Dalším krokem po výběru testového kritéria (např. χ^2- test) je určit experimentální hodnotu tohoto kritéria (χ^2_{exp}) a kritickou teoretickou hodnotu (χ^2_{teor}). Kritický obor *W* příslušného testového kritéria bude zapsán pomocí kritické teoretické hodnoty. Důležitým krokem při ověřování hypotéz, parametrických a neparametrických, je určení hladiny statistické významnosti α, která udává pravděpodobnost chybného zamítnutí testované hypotézy. Nejobvyklejší hodnoty hladin statistické významnosti jsou α = 0,05 a α = 0,01 (Záškodný, 2013).

Parametrické testování – je testováním parametrických hypotéz vycházejících z již dříve zmíněného aparátu nulové a alternativní hypotézy. Aparát je v tomto případě doplněn běžným aparátem kritického oboru *W*. S ohledem na centrální limitní větu, je předpoklad, že lze přiřadit k empirickému rozdělení jako nevhodnější teoretické rozdělení rozdělení normální (Záškodný et al., 2016).

Parametrické testování je možné rozdělit na jednovýběrové testování hypotéz o střední hodnotě či rozptylu a na dvojvýběrové testování hypotéz o rovnosti středních hodnot či rozptylů (Záškodný et al., 2016).

Dvojvýběrové parametrické testování -

„Dvojvýběrové parametrické testování vychází ze srovnávání empirického parametru $\mu 1 = O1$ nebo $\sigma 1 = Sx$ (symboly $O1, Sx$ jsou označeny výsledky elementárního statistického zpracování výběrového statistického souboru VSS_1, jejichž prostřednictvím byly bodově odhadnuty příslušné teoretické parametry $\mu 1, \sigma 1$ odpovídajícího normálního rozdělení) s nějakými vnějšími teoretickými údaji μ_2, σ_2. Jejich původ lze obvykle nalézt ve výsledcích zkoumání jiného výběrového statistického souboru VSS_2“ (Záškodný et al., 2016, s. 56).

Hypotézy H_0 a H_a lze při dvojvýběrovém testování zapsat následujícím tvarem:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \; nebo \; H_0: \sigma_1 = \sigma_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \; nebo \; H_a: \sigma_1 \neq \sigma_2$$

Potvrzením hypotézy H_0 je možné na výběrové soubory VSS_1 a VSS_2 nahlížet jako na výběrové soubory vybrané z totožného základního souboru ZSS a obvykle se vyplatí snažení soubor ZSS identifikovat. „*Při přijetí hypotézy H_a je nutno z pohledu matematické statistiky vyslovit pochybnosti o kompatibilitě souboru VSS_1 a VSS_2*“ (Záškodný et al., 2016, s. 56).

Dvojvýběrový t-test – je používán pro testování shody středních hodnot dvou souborů s Gaussovým rozdělením (Navara, 2007).

Dvojvýběrový t-test je možno formulovat tvarem:

$$t_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_{x1}^2 + (n_2 - 1)S_{x2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$W = (-\infty; -t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2)\rangle \cup \langle t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2); \infty)$$

‚n_1, n_2 jsou rozsahy VSS_1, VSS_2. Směrodatné odchylky VSS_1, VSS_2 jsou značeny S_{x1}, S_{x2}. Počet stupňů volnosti určuje vzorec n_1+n_2-2 (Záškodný et al., 2016).

2 Hypotézy, cíle práce a metodika výzkumu

2.1 Cíle výzkumu

Cílem aplikovaného kvantitativního výzkumu, o němž podává zprávu předložená diplomová práce, byla především analýza postupného vývoje jaderných zařízení s využitím pro mírové účely, popis rizik, mimořádných událostí a opatření pro ochranu obyvatelstva, která jsou spojená s provozováním jaderných zařízení. Dále bylo popsání počátků ochrany obyvatel v ČR a její ukotvení v zákonech.

Na základě analýzy o provozu jaderných elektráren a opatřeních pro ochranu obyvatelstva bude vytvořen dotazník, který bude předložen souboru odborníků a laiků. Aplikací dotazníků bude splněn další dílčí cíl kvantitativního výzkumu. Bude posouzena znalost odborníků a laiků o provozu a opatřeních ochrany obyvatelstva při RMU v rámci provozu JE Temelín a zda mezi úrovněmi znalostí existují statistické souvislosti. Vymezením cíle globálního a dílčích cílů bylo umožněno formulovat operacionalizované hypotézy a provést návrh metodik pro verifikaci hypotéz.

2.1 Hypotézy

H1: Znalosti laické veřejnosti o antropogenních MU v rámci provozu JE Temelín budou mít rozdělení blízké rozdělení normálnímu

H2: Znalosti odborné veřejnosti o antropogenních MU v rámci provozu JE Temelín budou mít rozdělení vzdálené rozdělení normálnímu

H3: Mezi znalostmi laické a odborné veřejnosti je statisticky významný rozdíl

2.3. Metodika výzkumu

Pro výzkum v této diplomové práci byly použity metody kvantitativního výzkumu pro získání dat. Sestavení dotazníku bylo provedeno na základě znalostí z provozu JE v ČR, mimořádných radiačních událostech a opatřeních ochrany obyvatelstva při jejich vzniku. Sběr dat byl proveden vyhotoveným dotazníkem ve formě testu obsahujícího 20 otázek se čtyřmi odpověďmi z nichž je jen jedna odpověď správná. Dotazník je přiložen jako příloha F k této diplomové práci. Vyhotovené otázky byly prokonzultovány s odborným pracovníkem v rámci přípravy a školení pracovníku JE Temelín a odborným provozním pracovníkem JE Temelín. Jako odborná skupina pro dotazníkové šetření byla vybrána skupina pracovníku v rámci provozu JE Temelín,

kteří jsou způsobilí (mají platné školení) pro vstup do kontrolovaného pásma (viz. Popis KP kapitola 1.8) a životně důležitých prostor (dále jen „ŽDP“), kam mají povolen vstup pouze osoby s platnou prověrkou stupně citlivé od Národního bezpečnostního úřadu. Výběr odborníků proběhl náhodným výběrem v podobě obeslání pracovníků v rámci provozu JE Temelín se vstupem do KP a ŽDP. Vzorek odborníků v rámci provozu JE Temelín lze označit jako reprezentativní vzorek. Laická veřejnost byla vybrána v rámci sociálního okolí autora, která má trvalé bydliště a místo výkonu práce mimo JE Temelín. Z dotazníkového šetření byly v rámci odborné i laické veřejnosti vyloučeny osoby pracující v rámci IZS.

Ověření stanovených hypotéz H1, H2 a H3 bude prováděno za pomoci metod deskriptivní a matematické statistiky.

2.3.1 Postup ověřování hypotéz pomocí metod deskriptivní statistiky

Formulace statistického šetření

Statistické šetření je vymezeno pojmy - HNJ, SJ, SZ, HSZ, ZSS, NV, VSS

Škálování - dle statistického znaku bylo zvolena kvantitativně metrická škála

Měření - množiny SJ budou promítnuty do množiny reálných čísel. Výsledky měření budou uvedeny v údajích vyjadřujících HSZ – jednotlivé prvky škály, kumulativní, absolutní a relativní četnosti.

Elementární statistické zpracování - roztřídění dat bude pro přehlednost provedeno zápisem dat do vytvořené tabulky. Ve sloupcích budou popsány tyto prvky - prvky škály x_i, absolutní četnosti prvků škály n_i, relativní četnosti prvků škály n_i/n, kumulativní četnosti $\Sigma n_i/n$. Další sloupce budou obsahovat prvky pro rychlejší a snadnější výpočet empirických parametrů – $x_i n_i$, $x_i^2 n_i$, $x_i^3 n_i$, $x_i^4 n_i$.

Empirické rozdělení četností – v této části jsou uvedeny vztahy obecných a centrálních momentů a normované momenty, které jsou vyjádřeny pomocí centrálních momentů.

Vzorce pro výpočet centrální momentů:

Centrální moment 2. řádu - $C_2=O_2-O_1^2$

Centrální moment 3. řádu - $C_3=O_3-3O_2O_1+2O_1^3$

Centrální moment 4. řádu - $C_4=O_4-4O_3O_1+6O_2O_1^2-3O_1^4$

Neparametrické testování – první činností v tomto kroku bude rozdělit četnosti dle intervalového rozdělení nahrazením 5 prvků škály 5 intervaly se shodným rozsahem. Dále se zvolí vhodný test neparametrického testování, kterým je χ^2 – test dobré shody, pro zpracování získaných dat.

V dalším kroku bude provedeno testování normality dle následujícího postupu:

- Výpočet integrálů – pro zavedené proměnné u budou vypočítány jednotlivé plochy s mezemi

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x}$$

- Použití distribuční funkce F(u_i)s využitím statistických tabulek

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t} \rho(u)du$$

- χ^2 – test dobré shody bude použit pro výpočet χ^2_{teor} a χ^2_{exp} , vzorec pro χ^2_{exp}:

$$\chi^2_{exp} = \sum_{i=1}^{k=5} \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

Porovnáním výsledků χ^2_{teor} a χ^2_{exp} bude provedeno ověření nebo vyvrácení zvolených hypotéz.

Parametrické testování – bude provedeno dvojvýběrové testování hypotéz – dvojvýběrový t-test pro porovnání znalostí laické a odborné veřejnosti. Použitý vztah pro výpočet:

$$t_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_{x1}^2 + (n_2 - 1)S_{x2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$W = (-\infty; -t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2)\rangle \cup \langle t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2); \infty)$$

3 Výsledky

Dotazník, který byl vypracován pro statistické šetření je k této diplomové práci přiložen jako příloha F.

3.1 Statistické šetření znalostí laické veřejnosti o provozu a opatřeních při mimořádných antropogenních událostech v rámci provozu JE -Temelín

A. Metody deskriptivní matematiky

Formulace statistického šetření:

HNJ – Znalosti laické veřejnosti o provozu a opatřeních při RMU v rámci provozu JE Temelín

SJ – laická veřejnost pracující mimo složky IZS a JE Temelín

SZ – znalosti laické veřejnosti o provozu a ochranných opatřeních při MU v rámci provozu JE Temelín

HSZ – počet chyb z 20 otázek dotazníkového šetření

ZSS – 52 osob laické veřejnosti pracující mimo IZS a JE Temelín

VSS = ZSS

Škálování a měření:

Tabulka 1: Škála pro prováděný průzkum dotazníkového šetření laické veřejnosti

x_i	počet správných odpovědí	počet laiků
1	7 a méně	5
2	8-10	10
3	11-14	25
4	15-17	7
5	18-20	5
Celkem		52

Zdroj: vlastní výzkum

B. Elementární statistické zpracování

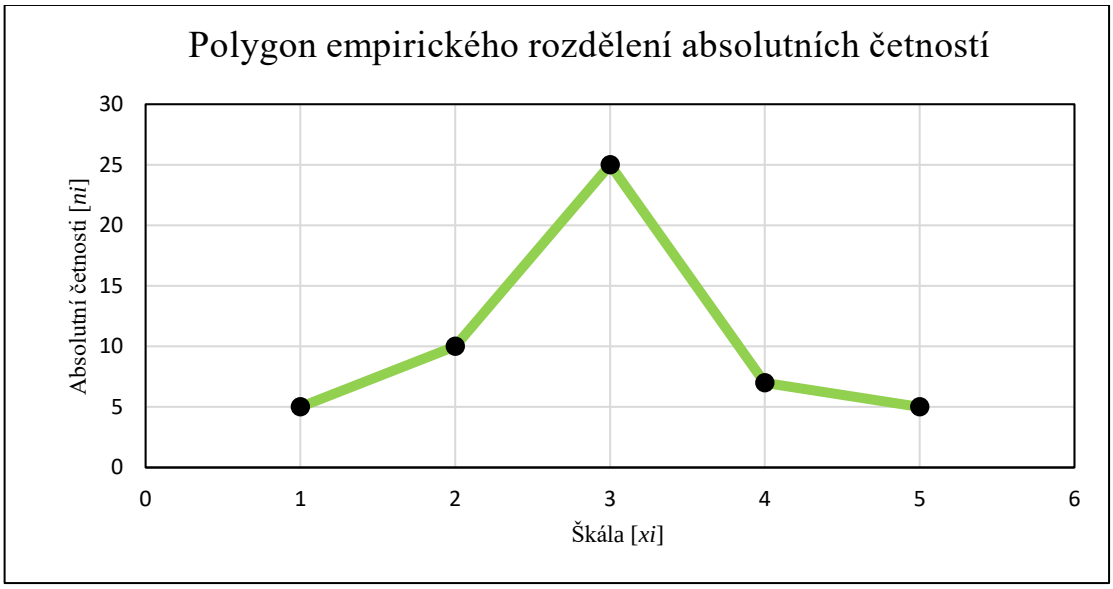
Tabulka

Tabulka 2: Zpracování dat znalostí laické veřejnosti

x_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	5	0,10	0,10	5	5	5	5
2	10	0,19	0,29	20	40	80	160
3	25	0,48	0,77	75	225	675	2025
4	7	0,13	0,90	28	112	448	1792
5	5	0,10	1,00	25	125	625	3125
	∑52	∑1	-	∑153	∑507	∑1833	∑7107

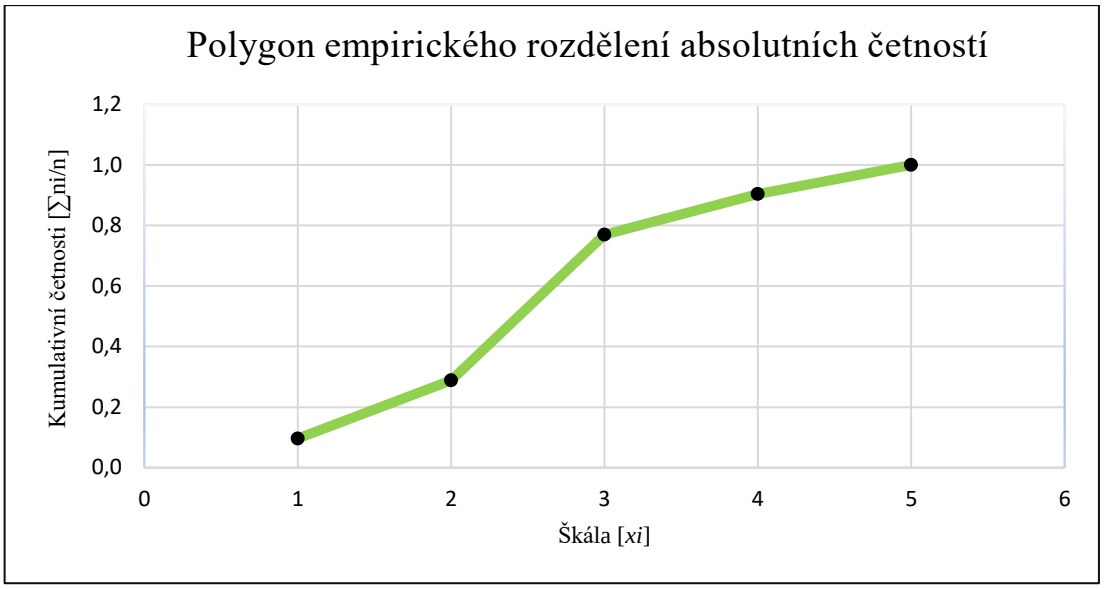
Zdroj: vlastní výzkum

Empirické rozdělení četností



Obrázek 5: Graf empirického rozdělení absolutních četností laické veřejnosti

Zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 6: Graf empirického rozdělení kumulativních četností laické veřejnosti

Zdroj: vlastní výzkum

Výpočty empirických parametrů

Obecné momenty prvního až čtvrtého řádu.

$$O_1 = \frac{153}{52} = \mathbf{2,94}$$

$$O_2 = \frac{507}{52} = \mathbf{9,75}$$

$$O_3 = \frac{1833}{52} = \mathbf{35,25}$$

$$O_4 = \frac{7107}{52} = \mathbf{136,67}$$

O_1 je nazýván aritmetickým průměrem a představuje parametr polohy

Centrální momenty druhého až čtvrtého řádu

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = 9{,}75 - 2{,}94^2 = \mathbf{1,09}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = \mathbf{0,13}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = \mathbf{3,41}$$

Směrodatná odchylka

$$S_x = \sqrt{C_2} = \sqrt{1{,}09} = \mathbf{1,05}$$

Koeficient šikmosti

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}} = \frac{0{,}202}{0{,}771\sqrt{0{,}771}} = \mathbf{0{,}12}$$

Koeficient špičatosti

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{3{,}41}{1{,}19} = \mathbf{2{,}86}$$

C. Neparametrické testování

Intervalové rozdělení zkoumaných četností jsou uvedeny v následující tabulce. Přechod k normovanému normálnímu rozdělení.

Tabulka 3 Intervalové rozdělení četností výsledků laické veřejnosti

x_i	interval	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	(-∞;1,5>	5	0,10	0,10	5	5	5	5
2	<1,5;2,5>	10	0,19	0,29	20	40	80	160
3	<2,5;3,5>	25	0,48	0,77	75	225	675	2025
4	<3,5;4,5>	7	0,13	0,90	28	112	448	1792
5	<4,5;∞)	5	0,10	1,00	25	125	625	3125
		∑52	∑1	-	∑153	∑507	∑1833	∑7107

Zdroj: vlastní výzkum

Vypočtené normované náhodné veličiny u_i a plochy p_i jsou uvedeny v následující tabulce

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x}$$

$$u_1 = \frac{1{,}5 - 2{,}94}{1{,}05} = \mathbf{-1{,}38}$$

$$u_2 = \frac{2{,}5 - 2{,}94}{1{,}05} = \mathbf{-0{,}42}$$

$$u_3 = \frac{3{,}5 - 2{,}94}{1{,}05} = \mathbf{0{,}53}$$

$$u_4 = \frac{4{,}5 - 2{,}94}{1{,}05} = \mathbf{1{,}49}$$

$$u_5 = \frac{\infty - 3{,}19}{0{,}82} = \infty$$

Laplaceovou funkcí F(u) jsou vypočteny plochy p_i pod normovanou Gaussovou křivkou

$$p_1 = F(u_1) = F(-1{,}38) = \mathbf{0,08}$$

$$p_2 = F(u_2) - F(u_1) = F(-0{,}42) - F(-1{,}38) = 0{,}21 - 0{,}03 = \mathbf{0,25}$$

$$p_3 = F(u_3) - F(u_2) = F(0{,}53) - F(-0{,}42) = 0{,}64 - 0{,}21 = \mathbf{0,36}$$

$$p_4 = F(u_4) - F(u_3) = F(1{,}49) - F(0{,}53) = 0{,}93 - 0{,}64 = \mathbf{0,23}$$

$$p_4 = F(u_5) - F(u_4) = F(\infty) - F(1{,}49) = 1 - 0{,}93 = \mathbf{0,07}$$

Aplikací Pearsonova χ^2 testu (test dobré shody) byly porovnávány relativní četnosti a plochy pod křivkou normované Gaussovy křivky

Experimentální χ^2 test

Tabulka 4 tabulka výpočtů u_i, $F(u_i)$, p_i *a* np_i laické veřejnosti

x_i	Interval	n_i	u_i	$F(u_i)$	p_i	np_i	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	(-∞;1,5>	5	-1,38	0,08	0,08	4,36	0,09
2	<1,5;2,5>	10	-0,42	0,34	0,25	13,18	0,77
3	<2,5;3,5>	25	0,53	0,70	0,36	18,96	1,92
4	<3,5;4,5>	7	1,49	0,93	0,23	11,96	2,06
5	<4,5;∞)	5	∞	1	0,07	3,54	0,60

Zdroj: vlastní výzkum

$$\chi^2_{exp} = \sum_{i=1}^{k=5} \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 0{,}09 + 0{,}77 + 1{,}92 + 2{,}06 + 0{,}60 = \mathbf{5,44}$$

Teoretický χ^2 test

$$\chi^2_{teor} = \chi^2_{\nu}$$

$$\chi^2_{teor} = \chi^2_{\nu} = \chi^2_{k-r-1} = \chi^2_{5-2-1} = \chi^2_2(\alpha = 0{,}05) = \mathbf{5,99}$$

$$\chi^2_{exp}\ \mathbf{5,44} < \chi^2_{teor}\ \mathbf{5,99}$$

Na základě výsledku χ^2 testu (test dobré shody), lze přijmout nulovou hypotézu $\boldsymbol{H_0}$. Empirické rozdělení znalostí laiků lze nahradit rozdělením normálním.

3.2 Statistické šetření znalosti odborné veřejnosti o provozu a opatřeních při mimořádných antropogenních událostech v rámci provozu JE -Temelín

A. Metody deskriptivní matematiky

Formulace statistického šetření:

HNJ – Znalosti odborné veřejnosti o provozu a opatřeních při RMU v rámci provozu JE Temelín

SJ – odborná veřejnost s výkonem práce na JE Temelín se vstupem do KP a ŽDP

SZ – znalosti odborné veřejnosti o provozu a ochranných opatřeních při MU v rámci provozu JEZ Temelín

HSZ – počet chyb z 20 otázek dotazníkového šetření

ZSS – 59 osob odborné veřejnosti s výkonem práce na JE Temelín se vstupem do KP a ŽDP

VSS = ZSS

Škálování a měření:

Tabulka 5: Škála pro prováděný průzkum dotazníkového šetření odborné veřejnosti

x_i	počet správných odpovědí	počet ů
1	19-20	22
2	17-18	18
3	15-16	8
4	13-14	6
5	12 a méně	5
Celkem		59

Zdroj: vlastní výzkum

B. Elementární statistické zpracování

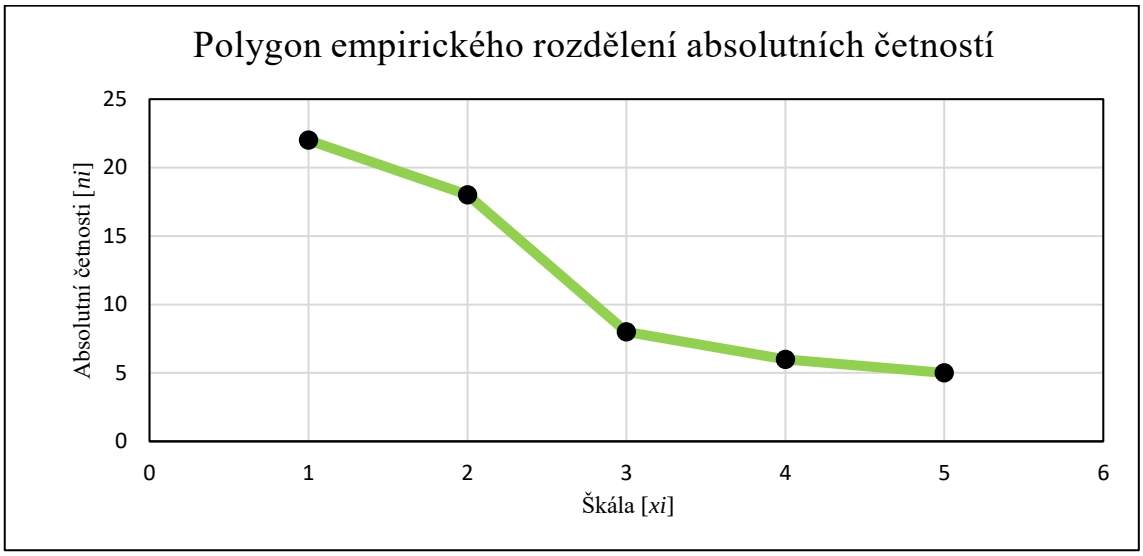
Tabulka

Tabulka 6: Zpracování dat znalostí odborné veřejnosti

x_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	22	0,37	0,37	22	22	22	22
2	18	0,31	0,68	36	72	144	288
3	8	0,14	0,81	24	72	216	648
4	6	0,10	0,92	24	96	384	1536
5	5	0,08	1,00	25	125	625	3125
	∑59	∑1	-	∑131	∑387	∑1391	∑5619

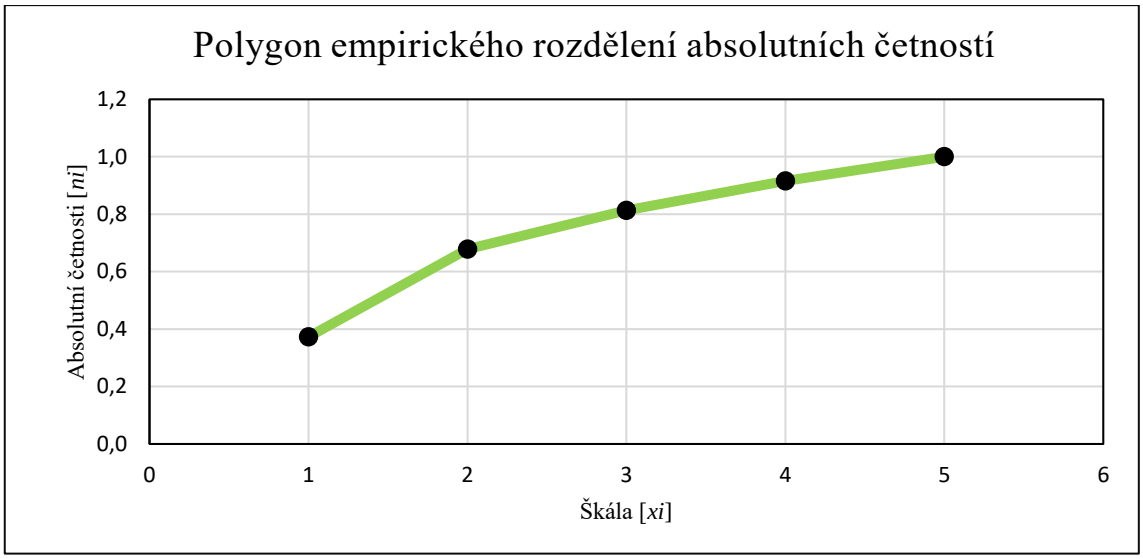
Zdroj: vlastní výzkum

Empirické rozdělení četností



Obrázek 7: Graf empirického rozdělení absolutních četností odborné veřejnosti

Zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 8: Graf empirického rozdělení kumulativních četností odborné veřejnosti

Zdroj: vlastní výzkum

Výpočty empirických parametrů

Obecné momenty prvního až čtvrtého řádu.

$$O_1 = \frac{131}{59} = \mathbf{2,22}$$

$$O_2 = \frac{387}{59} = \mathbf{6,56}$$

$$O_3 = \frac{1391}{59} = \mathbf{23,58}$$

$$O_4 = \frac{5619}{59} = \mathbf{95,24}$$

O_1 je nazýván aritmetickým průměrem a představuje parametr polohy

Centrální momenty druhého až čtvrtého řádu

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = 6{,}56 - 2{,}22^2 = \mathbf{1,63}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = \mathbf{1,78}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = \mathbf{6,96}$$

Směrodatná odchylka

$$S_x = \sqrt{C_2} = \sqrt{1{,}63} = \mathbf{1,28}$$

Koeficient šikmosti

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}} = \frac{1{,}78}{1{,}63\sqrt{1{,}63}} = \mathbf{0{,}85}$$

Koeficient špičatosti

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{6{,}96}{2{,}66} = \mathbf{2{,}62}$$

C. Neparametrické testování

Intervalové rozdělení zkoumaných četností jsou uvedeny v následující tabulce. Přechod k normovanému normálnímu rozdělení.

Tabulka 7 Intervalové rozdělení četností výsledků odborné veřejnosti

x_i	*interval*	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	(-∞;1,5>	22	0,37	0,37	22	22	22	22
2	<1,5;2,5>	18	0,31	0,68	36	72	144	288
3	<2,5;3,5>	8	0,14	0,81	24	72	216	648
4	<3,5;4,5>	6	0,10	0,92	24	96	384	1536
5	<4,5;∞)	5	0,08	1,00	25	125	625	3125
		∑59	∑1	-	∑131	∑387	∑1391	∑5619

Zdroj: vlastní výzkum

Vypočtené normované náhodné veličiny u_i a plochy p_i jsou uvedeny v následující tabulce

$$u_i = \frac{x_i - O_1}{S_x}$$

$$u_1 = \frac{1{,}5 - 2{,}22}{1{,}28} = \mathbf{-0{,}56}$$

$$u_2 = \frac{2{,}5 - 2{,}22}{1{,}28} = \mathbf{0{,}22}$$

$$u_3 = \frac{3{,}5 - 2{,}22}{1{,}28} = \mathbf{1{,}00}$$

$$u_4 = \frac{4{,}5 - 2{,}22}{1{,}28} = \mathbf{1{,}79}$$

$$u_5 = \frac{\infty - 2{,}22}{1{,}28} = \infty$$

Laplaceovou funkcí F(u) jsou vypočteny plochy p_i pod normovanou Gaussovou křivkou

$$p_1 = F(u_1) = F(-0{,}56) = \mathbf{0,29}$$

$$p_2 = F(u_2) - F(u_1) = F(0{,}22) - F(-0{,}56) = 0{,}59 - 0{,}29 = \mathbf{0,30}$$

$$p_3 = F(u_3) - F(u_2) = F(1{,}00) - F(0{,}22) = 0{,}84 - 0{,}59 = \mathbf{0,25}$$

$$p_4 = F(u_4) - F(u_3) = F(1{,}79) - F(1{,}00) = 0{,}96 - 0{,}84 = \mathbf{0,12}$$

$$p_4 = F(u_5) - F(u_4) = F(\infty) - F(1{,}79) = 1 - 0{,}96 = \mathbf{0,04}$$

Aplikací Pearsonova χ^2 testu (test dobré shody) byly porovnávány relativní četnosti a plochy pod křivkou normované Gaussovy křivky

Experimentální χ^2 test

Tabulka 8 Tabulka výpočtů u_i, $F(u_i)$, p_i a np_i odborné veřejnosti

x_i	Interval	n_i	u_i	$F(u_i)$	p_i	np_i	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	(-∞;1,5>	22	-0,56	0,29	0,29	16,98	1,49
2	<1,5;2,5>	18	0,22	0,59	0,30	17,66	0,01
3	<2,5;3,5>	8	1,00	0,84	0,25	15,00	3,27
4	<3,5;4,5>	6	1,79	0,96	0,12	7,19	0,20
5	<4,5;∞)	5	∞	1	0,04	2,17	3,70

Zdroj: vlastní výzkum

$$\chi^2_{exp} = \sum_{i=1}^{k=4} \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 1{,}49 + 0{,}01 + 3{,}27 + 0{,}20 + 3{,}70 = \mathbf{8,66}$$

Teoretický χ^2 test

$$\chi^2_{teor} = \chi^2_{\nu}$$

$$\chi^2_{teor} = \chi^2_{\nu} = \chi^2_{k-r-1} = \chi^2_{5-2-1} = \chi^2_2(\alpha = 0{,}05) = \mathbf{5,99}$$

$$\chi^2_{exp}\ \mathbf{8,66} > \chi^2_{teor}\ \mathbf{5,99}$$

Na základě výsledku χ^2 testu (test dobré shody), lze přijmout alternativní hypotézu $\boldsymbol{H_a}$. Empirické rozdělení znalostí odborníků je vzdáleno normálnímu rozdělení. Empirické rozdělení odborníků by bylo zřejmě možno nahradit rozdělením Poissonovým.

3.3 Parametrické testování – dvojvýběrový T-test

Tato kapitola porovnává výsledky výpočtů empirických parametrů z dotazníkového šetření odborné a laické veřejnosti. Pro laickou veřejnost byla výpočtem potvrzena hypotéza H_0, čímž byla potvrzena normalita. U odborné veřejnosti byla výpočtem potvrzena alternativní hypotéza H_a, empirické rozdělení znalostí u této skupiny je vzdáleno normalitě.

Pro testování výsledků laiků a odborníku t-testem, budou hodnoty odpovídající výsledkům laické veřejnosti popsány s indexem 1 a hodnoty výsledků odborné veřejnosti popsány indexem 2.

Hodnoty VSS_1 (laická veřejnost)

$\mu_1 = O_1 = 2{,}98$; $\sigma_1 = Sx_1 = 0{,}97$; $n_1 = 52$

Hodnoty VSS_2 (odborná veřejnost)

$\mu_2 = O_2 = 2{,}22$; $\sigma_2 = Sx_2 = 1{,}28$; $n_2 = 59$

$$t_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_{x1}^2 + (n_2 - 1)S_{x2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$W = (-\infty; -t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2)\rangle \cup \langle t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2); \infty)$$

Tvar kritického oboru:

$$W = (-\infty; -t_{109}(0{,}025)\rangle \cup \langle t_{109}(0{,}025); \infty)$$

Výsledky:

$$t_{exp} = \mathbf{3{,}23}$$

$$W = (-\infty; (\mathbf{-1{,}96})\rangle \cup \langle (\mathbf{1{,}96}); \infty)$$

Z výpočtu je patrné že hodnota t_{exp} = **3,23** patří do kritického oboru *W*. Lze přijmout alternativní hypotézu. Rozdíl znalostí odborné veřejnosti a laické veřejnosti je na hladině $\alpha = 0{,}05$ statisticky významný.

4 Diskuse výsledků

4.1 Splnění cílů výzkumu

Cílem aplikovaného kvantitativního výzkumu, o němž podává zprávu předložená diplomová práce, byl popis vývoje ochrany obyvatelstva, a především analýza postupného vývoje jaderných zařízení s využitím pro mírové účely, popis rizik, popis RMU a opatření pro ochranu obyvatelstva, která jsou spojená s provozováním jaderně energetických zařízení. Teoretická část výzkumu je systémovou analýzou historického vývoje mírové jaderné energetiky ve světě a ČR, s popisem RMU, které postupně spoluvytvářeli způsoby a zásady ochrany obyvatelstva v rámci antropogenních mimořádných událostí jaderně energetických zařízení. Východiskem v rámci výzkumu v teoretické části je „Teorie ochrany obyvatelstva" v rámci možných mimořádných antropogenních událostí a opatření pro ochranu obyvatelstva při jejich vzniku.

Na základě analýzy vývoje jaderné energetiky, provozu jaderných elektráren a ochranných opatřeních byla vytvořena struktura dotazníku o provozu jaderných elektráren a činnostech při vzniku RMU v rámci jejich provozu. Vyhotovený dotazník byl sestaven formou testu, obsahující 20 otázek, kde každá otázka má čtyři alternativy s jednou správnou odpovědí. Vyhotovené otázky a výběr odborné veřejnosti byly prokonzultovány a schváleny odborným pracovníkem se zaměřením na školení pracovníků a odborným pracovníkem na ochranu obyvatelstva.

Výběr odborníků proběhl náhodným výběrem v podobě obeslání pracovníků v rámci provozu JE Temelín s platným vstupem do KP a ŽDP. Na základě konzultace s odborným pracovníkem na ochranu obyvatelstva lze, výběr statistického souboru odborné veřejnosti považovat za reprezentativní vzorek.

Výběr laické veřejnosti proběhl z autorova sociálního okolí, které lze brát jen přibližně jako projekci širší laické veřejnosti. Proto lze považovat sociální okolí autora jen za přibližnou aproximaci vzorků laické veřejnosti.

Cíl globálního výzkumu, ze kterého vycházelo sestavení dotazníku se základními parametry výchozí teorie, kterou je teorie ochrany obyvatelstva, v oblasti provozu jaderné elektrárny, vzniku a opatřeních při vybraných mimořádných antropogenních událostech v rámci provozu jaderné elektrárny, lze považovat za splněný.

Dílčími cíli byly zkoumány znalosti laické a odborné veřejnosti o provozu a činnostech při RMU v rámci provozu jaderných elektráren a hledání souvislostí mezi úrovněmi jejich znalostí. Dílčí cíle byly spojeny s potvrzením operacionalizovaných hypotéz H1, H2 a H3.

4.2 Rozbor dotazníkového šetření

Dotazníkovým šetřením byly zjištěny znalosti laické veřejnosti, které se nejsou tak špatné s ohledem na zaměření na jadernou energetiku a ochranu obyvatel. Dotazník se v jedné části zaměřuje na znalosti o provozu jaderných elektráren a v druhé části se zaměřuje na opatření při RMU v rámci provozu jaderných elektráren.

Laická veřejnost z autorova sociálního okolí vykazovala normální rozdělení. Přibližně polovina otázek byla správně zodpovězena. Chybovost v části zaměřené na jadernou energetiku dotazníku byla částečně vyšší oproti části zaměřené na ochranu obyvatelstva, kde dosahovala přijatelnou úroveň znalostí. I když některé otázky dotazníku byly pro laickou veřejnost obtížné z důvodu zaměření na jadernou energetiku, i tak jsou výsledky přijatelné. Znalosti laické veřejnosti bylo možné interpretovat gaussovským způsobem.

U odborné veřejnosti s ohledem na vyšší odbornost v oblasti provozu jaderných elektráren byla rámci výzkumu potvrzena vyšší úroveň znalostí oproti laické veřejnosti. Znalosti odborné veřejnosti bylo možné interpretovat poissonovským způsobem – empirické rozdělení znalostí je velmi vzdáleno rozdělení normálnímu.

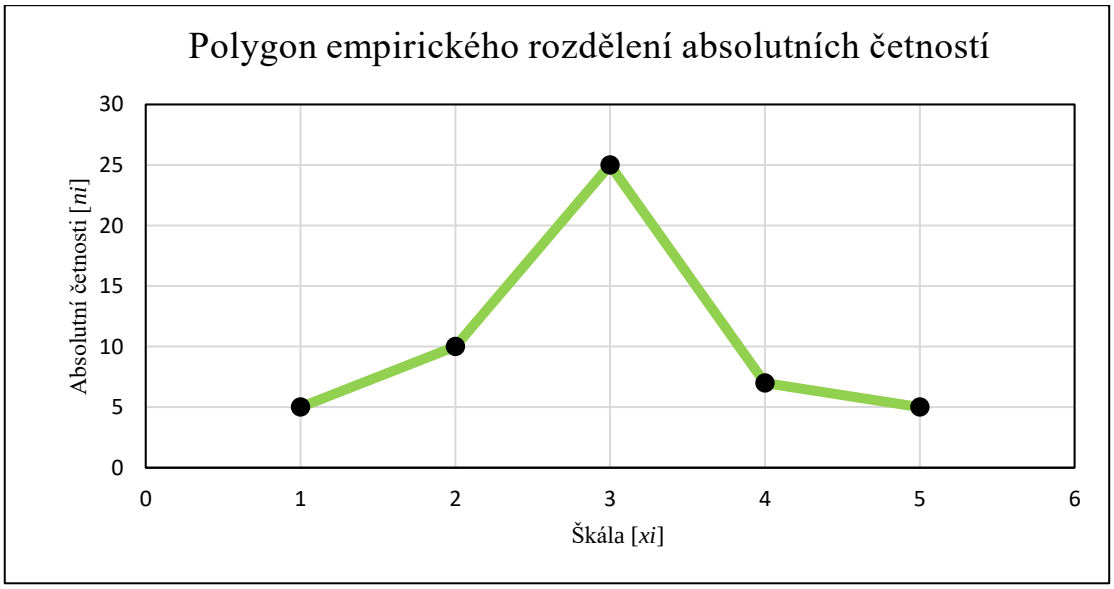
Nízký počet správných odpovědí u laické veřejnosti se vyskytoval u otázek č. 5, 10, 15. Tyto otázky jsou spojeny s provozem jaderných elektráren a ochranou obyvatel v rámci jejich provozu. Otázky č. 5 a 15 měli shodně pouze 13% úspěšnost správných odpovědi. Nízkou úspěšnost u těchto otázek lze přisoudit blízkému zaměření na jadernou energetiku a provoz JE, kde jsou tyto informace bližší veřejnosti zajímající se o jadernou energetiku, popřípadě lze tyto informace získat v rámci exkurzí na JE Temelín. Otázka č. 10 měla u laické veřejnosti 29% úspěšnost, tato otázka je spojená s popisem a hodnocením závažnosti mimořádných událostí v rámci provozu jaderných zařízení (viz příloha E). Nízkou úspěšnost lze připisovat znalostem laické veřejnosti spíše o velkých haváriích jaderných zařízení, které měli celosvětový dopad na přijímaná opatření zabezpečení provozu jaderných zařízení, ochrany obyvatelstva a celkový pohled

na jadernou energetiku. Odchylky, anomálie a menší nehody nepřesahující vymezený prostor budov či areálu jsou řešeny spíše interně, popřípadě probíhá informování SÚJB o nastalé situaci. U odborné veřejnosti měla nízkou úspěšnost otázka č. 5 se 44% správných odpovědí, která je zařazena mezi odborné otázky. Tato otázka se dotazuje druh záření, které má schopnost projít nejvíce látkami. U obou zkoumaných skupin měla tato otázka nejmenší úspěšnost. Další odpovědí, kde byla nižší úspěšnost je otázka č. 15, která se zabývá maximální dobou ukrytí osob v rámci provozu JE Temelín. Nejlépe si vedly obě skupiny u otázek č. 1, 6, 9, 12, 14, 18 a 20, kde obě skupiny měli minimální úspěšnost 85 % a více.

4.3 Verifikace výzkumných hypotéz

H1 - Znalosti laické veřejnosti o antropogenních MU v rámci provozu JE Temelín budou mít rozdělení blízké rozdělení normálnímu

Přijetí či zamítnutí hypotézy H1 bylo možno cestou deskriptivní nebo matematické statistiky. Pro deskriptivní statistiku je výchozí cestou hodnota aritmetického průměru a graf empirického rozdělení četností. Aritmetický průměr u laické veřejnosti je přibližně v průměru 11 správných odpovědí. Graf empirického rozdělení četností viz obrázek 7 je tvarově blízký Gaussově křivce – hypotézu H1 je možno potvrdit.



Obrázek 9**:** Graf empirického rozdělení absolutních četností laické veřejnosti

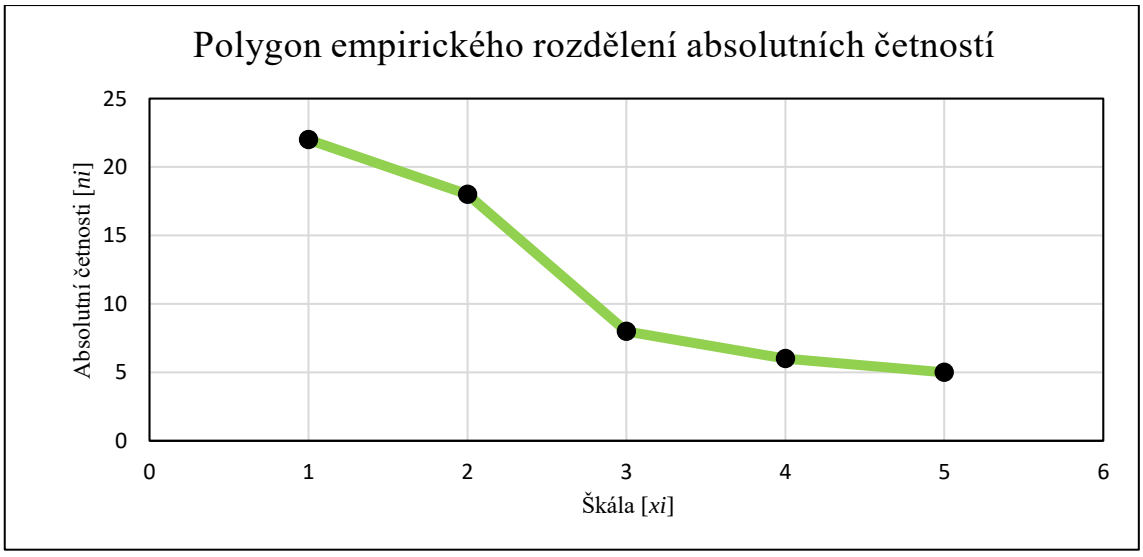
Zdroj: vlastní výzkum

Matematickou cestou byla provedena aplikace Pearsonova testu dobré shody. Vypočtená hodnota experimentálního kritéria 5,44 je nižší než teoretická hodnota

kritéria 5,99. Tím lze přijmout nulovou hypotézu - empirické rozdělení četností u laické veřejnosti lze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit normálním rozdělením. Na základě přijetí nulové hypotézy lze nahradit empirické rozdělení rozdělením normálním u laické veřejnosti. Dle předpokladu o gaussovském rozdělení znalostí u laické veřejnosti lze pozorovat pokles a nárůst správných odpovědí okolo průměrné hodnoty správných odpovědí. Za pomoci matematická a deskriptivní statistiky bylo možné potvrdit a přijmout hypotézu H1. Rozborem otázek testu lze pozorovat určité povědomí laické veřejnosti o problematice provozu jaderných elektráren a opatřeních spojených s mimořádnými událostmi při jejich provozování. Dle předpokladu jsou znalosti laické veřejnosti na nižší úrovni než znalosti odborné veřejnosti.

H2 - Znalosti odborné veřejnosti o antropogenních MU v rámci provozu JE Temelín budou mít rozdělení vzdálené rozdělení normálnímu

Přijetí či zamítnutí hypotézy H2 bylo opět možno cestou deskriptivní nebo matematické statistiky. Pro deskriptivní statistiku je výchozí cestou hodnota aritmetického průměru a graf empirického rozdělení četností. Aritmetický průměr u odborné veřejnosti je přibližně v průměru 17 správných odpovědí. Graf empirického rozdělení četností viz obrázek 8 je tvarově vzdálen Gaussově křivce a blízký Poissonově křivce – hypotézu H2 je možno potvrdit.



Obrázek 10: Graf empirického rozdělení absolutních četností odborné veřejnosti

Zdroj: vlastní výzkum

Matematickou cestou byla provedena aplikace Pearsonova testu dobré shody. Vypočtená hodnota experimentálního kritéria 8,66 je vyšší než teoretická

hodnota kritéria 5,99. Tím je nutno přijmout alternativní hypotézu - empirické rozdělení četností u laické veřejnosti nelze na hladině statistické významnosti 0,05 nahradit normálním rozdělením a je potřeba najít odlišné teoretické rozdělení. Vysoká úroveň správných odpovědí u odborníků je spojená s pravidelným každoročním školení pracovníků vstupujících do KP a ŽDP, kde jsou v rámci školení následně prozkoušeni formou testu. Znalosti odborné veřejnosti jsou vzdáleny normálnímu rozdělení, a nelze je nahradit tímto rozdělením. Nejpravděpodobnějším teoretickým rozdělením s použitím deskriptivní statistiky, kterým by bylo možné nahradit empirické rozdělení na obrázku 10, je Poissonovo rozdělení. V souladu Poissonovo rozdělením mají správné odpovědi od průměrné hodnoty 17 správných odpovědí klesající tendenci. Za pomoci matematické a deskriptivní statistiky bylo možné potvrdit a přijmout hypotézu H2.

H3 - Mezi znalostmi laické a odborné veřejnosti je statisticky významný rozdíl

Předpokladem hypotézy H3 bylo přijetí alternativní hypotézy u porovnání znalostí laické a odborné veřejnosti o provozu a opatřeních při RMU v rámci provozu jaderných elektráren. Přijetí či zamítnutí hypotézy H1 bylo možno pomocí aplikování dvojvýběrového t-testu, kde je možné na vybrané hladině statistické významnosti (pro tento výzkum byla zvolena hladina 0,05) porovnávat ze dvou výběrových statistických souborů, kterým byl soubor laické a odborné veřejnosti.

Kritický obor byl charakteristický sjednocením intervalů $\boldsymbol{W} = (-\infty;(\boldsymbol{-1,96}) \cup (\boldsymbol{1,96;} +\infty)$. Experimentální hodnota t_{exp} měla hodnotu 3,23. Experimentální hodnota patří mezi prvky pravé části intervalu kritického oboru, ukazující na významnou odlišnosti na uvedené hladině mezi znalostmi laické a odborné veřejnosti. Výsledek je potvrzením o potřebě neustále připravovat odbornou veřejnost v oblastech provozu a ochrany při mimořádných situacích v rámci provozu jaderných zařízení. Ověřenou hypotézu H3 za pomoci matematické statistiky je možné potvrdit a přijmout.

Splnění dílčích cílů aplikovaného kvantitativního výzkumu bylo provedeno pomocí potvrzení hypotéz H1, H2 a H3. Předmětem dílčích cílů byl výzkum znalostí laické a odborné veřejnosti o provozu a činnostech při RMU v rámci provozu jaderných elektráren a hledání souvislostí mezi úrovněmi jejich znalostí.

Doporučením pro odbornou veřejnost, kterou jsou odborní pracovníci v rámci provozu jaderné elektrárny, by na základě výsledků znalostního testu bylo větší zaměření na zdroje neutronového záření. Zdroje neutronového záření jsou sice v rámci školení pracovníku

zmiňovány, ale výsledky poukazují na nízkou úroveň znalostí, která může být spojená s typy činností, které ve velké míře zahrnují práce v blízkosti záření α, β a γ a práce v blízkosti neutronového záření provádí pouze vybraní specializovaní pracovníci na zvláštní pracovní příkaz, a to především v době odstávek bloků jaderných elektráren pro výměnu paliva. Další činností, na kterou by bylo vhodné se zaměřit v rámci školení pracovníku jaderné elektrárny je zvýšení znalostí o opatřeních spojených s ukrytím a dobou ukrytí při mimořádné události v rámci provozu jaderné elektrárny.

Pro laickou veřejnost by pro zvýšení znalostí bylo vhodné pořádání vzdělávacích akcí s doprovodnými programy v rámci informačního centra JE Temelín. Dále by bylo vhodné v rámci vzdělávání veřejnosti uskutečňovat přednášky se zaměřením na jadernou energetiku se všemi přínosy a riziky jak pro veřejnost, tak pro základní, střední školy a pro vysoké školy vždy s ohledem na věk a znalosti posluchačů.

5 Závěr

Diplomová práce je zprávou o aplikovaném kvantitativním výzkumu, která měla na začátku stanoven cíl globální a tři dílčí cíle. V rámci teorie ochrany obyvatelstva byl popsán její vývoj do současné doby s jejím zakotvením v zákonech, byly popsány typy naturogenních a antropogenních událostí vedoucích k možnému vzniku mimořádných událostí. Další část se věnovala popisu vývoje jaderné energetiky ve světě a počátkům jaderné energetiky v tehdejším Československu až do současné doby provozu jaderných elektráren na území ČR, jejímu ukotvení v zákonech a v neposlední řadě popisu opatření při vzniku mimořádné události.

Dílčími cíli výzkumu bylo zkoumání znalostí laické a odborné veřejnosti o provozu a činnostech při RMU v rámci provozu jaderných elektráren a hledání souvislostí mezi úrovněmi jejich znalostí. Po splnění dílčích cílů bylo provedeno dotazníkové šetření pro srovnání znalostí laické a odborné veřejnosti, které vedlo k ověření operacionalizovaných hypotéz H1, H2 a H3.

Rozdělení znalostí laické veřejnosti bylo možné nahradit normálním rozdělením gaussovou interpretací. Odborná veřejnost dosáhla předpokládané vyšší úrovně znalostí oproti laické veřejnosti a její rozdělení znalostí bylo spojeno s poissonovou interpretací. Výrazná rozdílnost na zvolené hladině statistické významnosti mezi znalostí laické a odborné veřejnosti byla potvrzena.

Teoretickými přínosy této práce je potvrzení aplikability jedno a dvoj rozměrných statistických analýz ve spojení s výzkumem výzkumných proměnných „Znalosti laické veřejnosti“, znalosti odborné veřejnosti“ a „Typy teoretických rozdělení“. Praktickým přínosem je normalita znalostí u laické veřejnosti a vzdálení od normality u odborné veřejnosti. Předpoklad vzdálení od normality u odborné veřejnosti byl potvrzen, avšak je otázkou, zda by odborníci neměli dosahovat vyšších bodových hodnocení s ohledem na pravidelnost školení pro vstup pracovníků do prostoru kontrolovaného pásma a životně důležitých prostor v rámci provozu JE Temelín.

Teoretickým testováním bylo zkoumaní znalostí odborné veřejnosti z oblasti provozu a mimořádných situací v rámci provozu jaderných elektráren, které mají zásadní vliv na chování a činnosti pracovníků v rámci provozu jaderných elektráren, v prostorech kontrolovaného pásma a životně důležitých prostor a opatřeních při vzniku mimořádných situací. Vyšším povědomím o rizicích a důsledné přípravě před pracemi lze předcházet

mimořádným situacím či nežádoucím kontaminacím pracovníků v rámci činností v kontrolovaném pásmu. Z tohoto důvodu je nutné, aby byly znalosti odborné veřejnosti na vyšší úrovni než laické veřejnosti. Tento předpoklad se v rámci diplomové práce potvrdil.

Pro navazující práce by mohla být zjištěná odlišnost od normality u odborné veřejnosti v rámci provozu JE Temelín základem pro další zkoumání spolu s analýzou jednotlivých otázek dotazníku. Tato analýza umožňuje větší adresnost zaměření školení pracovníků (odborné veřejnosti) na identifikované oblasti. Další navazující možností by mohlo být provedení obdobných šetření v rámci JE Dukovany a porovnání s výsledky této práce.

Seznam použité literatury

1. ANTUŠÁK, Emil, 2009. Krizový management: hrozby - krize - příležitosti. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 978-80-7357-488-8.
2. ATOMINFO, 2014. Mírové využití jádra slaví 60. výročí, první elektrárna vznikla v Obninsku. In: *Atominfo.cz* [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://atominfo.cz/2014/06/mirove-vyuziti-jadra-slavi-60-vyroci-prvni-elektrarna-vznikla-v-obninsku/
3. BALABÁN, Miloš a Libor STEJSKAL, 2010. Kapitoly o bezpečnosti. 2., změn. a dopl. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1863-0.
4. COHEN-UNGER, Susan a Ayhan EVRENSEL, 2016. Ionizující záření: účinky a zdroje [online]. Vienna [cit. 2022-07-28]. ISBN 978-92-807-3600-7. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation_Czech_27_Dec_2016_Web.pdf
5. ČESKO. Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 5. 4. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-110
6. ČESKO. Vyhláška č. 380/2002 Sb., Ministerstva vnitra k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 27. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-380
7. ČESKO. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 27. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422
8. ČESKO. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 27. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224

9. ČESKO. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239

10. ČESKO. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240

11. ČESKO. Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-241

12. ČESKO. Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 26. 7. 2022]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263

13. DRTINOVÁ, Kateřina, 2016. Jaderné elektrárny – současný stav a rozvoj. Praha. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Martin Beneš, PhD.

14. DUFKOVÁ, Marie. 2012. *Jaderná fyzika a energetika: Co jsou rekombinátory vodíku* In: *3.pol.cz* [online] [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: https://www.3pol.cz/cz/rubriky/jaderna-fyzika-a-energetika/520-co-jsou-rekombinatory-vodiku

15. DUŠEK, CETELOVÁ a UČÍKOVÁ, 2001. Jaslovské Bohunice 1977: Největší jaderná havárie v Československu. In: *Radioaktivita.cz.sweb.cz* [online]. [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: http://radioaktivita.cz.sweb.cz/bohunice.htm

16. ENERGY.GOV, 2005. The Manhattan Project: An Interactive History: THE DISCOVERY OF FISSION,. In: *Osti.gov* [online]. USA: U.S. Department of energy, [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: https://www.osti.gov/opennet/manhattan-project-history/Events/1890s-1939/discovery_fission.htm

17. FIALA, Miloš a Josef VILÁŠEK, 2010. Vybrané kapitoly z ochrany obyvatelstva. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1856-2.

18. HRADIL, Jaroslav, Otakar J. MIKA, Miroslav MUSIL, Bohuslav SVOBODA, Jakub RAK a Dušan VIČAR, 2018. Základy ochrany obyvatelstva v České republice: odborná monografie. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení. ISBN 978-80-7454-774-4.

19. HROZEK, Dian. 2018. Jaderná elektrárna Dukovany je v provozu od roku 1985. In: *Oenergetice.cz* [online] [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/jaderna-elektrarna-dukovany

20. CHERNOBYLX, 2020. The Story of Pripyat – From a growing city to a ghost town just in 3 hours. In: *Chernobylx.com* [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: https://chernobylx.com/cs/the-story-of-pripyat-from-a-growing-city-to-a-ghost-town-in-just-3-hours/

21. IAEA, © 2022a. *Power reactor information system: United States of America* In: *pris.iaea.org* [online]. 2022-06-26 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=US

22. IAEA, © 2022b. *Power reactor information system: Ukraine* In: *pris.iaea.org* [online]. 2022-06-26 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=UA

23. IAEA, © 2022c. *Power reactor information system: Japan* In: *pris.iaea.org* [online]. 2022-06-26 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP

24. IAEA, 2014. The Use of the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) for Event Communication [online] IAEA, Vienna [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.iaea.org/publications/10784/the-use-of-the-international-nuclear-and-radiological-event-scale-ines-for-event-communication

25. IAEA, History. 2016 In: *IAEA.com* [online] Vienna: International Atomic Energy Agency [cit. 2022-06-26]. *Dostupné z: https://www.iaea.org/about/overview/history*

26. INL, 2021. Experimental breeder reactor-I, *In: Inl.gov* [online]. Idaho: Idaho national laboratory [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://inl.gov/wp-content/uploads/2022/05/EBR-I_Self_guided_Tour_lo.pdf

27. KLENER, Vladislav, 2000. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní uřad pro jadernou bezpečnost. ISBN 80-238-3703-6.

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

29. KOLÁČEK, Bohumil, 2022. *Učební texty pro přípravu personálu JE: Základy radiační ochrany*. Brno: ČEZ.

30. LERNER, Louise, 2021. The first nuclear reactor, explained [online]. Chicago: University of Chicago Office of Communications [cit. 2022-06-1]. Dostupné z: https://news.uchicago.edu/explainer/first-nuclear-reactor-explained

31. LINHART, Petr a Radim ROUDNÝ, 2009. Ochrana obyvatelstva a terorismus: distanční opora. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-165-8.

32. MAJLING, Eduard. 2020. Jaderná elektrárna Mochovce: Dostavba bloku 3 a 4, In: *Oenergetice.cz* [online] [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/jaderna-elektrarna-mochovce-dostavba-bloku-3-4

33. MINISTERSTVO VNITRA ČR., 2016. Terminologický slovník krizového řízení a obrany státu: TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK POJMŮ Z OBLASTI KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ, OCHRANY OBYVATELSTVA, ENVIRONMENTÁLNÍ BEZPEČNOSTI A PLÁNOVÁNÍ OBRANY STÁTU [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

34. MLČÁK, Roman. 2022 *Učební texty pro přípravu personálu JE:Primární část JE VVER 1000 - Pomocné systémy primárního okruhu*. Brno: ČEZ.

35. MV-GŘ HZS ČR, 2013 *Koncepce ochrany obyvatelstva ČR do roku 2020 s výhledem do roku 2030* [online] [cit. 2022-04-19] Dostupné z: https://www.databaze-strategie.cz/cz/mv/strategie/koncepce-ochrany-obyvatelstva-do-roku-2020-s-vyhledem-do-roku-2030?typ=o

36. NAVARA, Mirko, 2007. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha: Nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-03795-9.

37. NO NUKES ACTION COMMITTEE, 2012. *Anniversary of Three Mile Island SF Speak-out/From Three Mile Island To Fukushima* In: Indybay.org [online]. [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://www.indybay.org/newsitems/2012/03/20/18709742.php

38. NOAA, 2021. *On This Day: 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami* IN: *www.noaa.gov* [online]. Washington, DC: National Centers for Environmental Information [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://www.ncei.noaa.gov/news/day-2011-japan-earthquake-and-tsunami

39. NOVÝ, Daniel, 2015. Jaslovské Bohunice A1, In: *Atominfo.cz* [online] [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://atominfo.cz/2015/04/jaslovske-bohunice-a1/

40. NOVÝ, Daniel, 2016. Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice. In: *Atominfo.cz* [online] [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://atominfo.cz/2016/12/jaderna-elektrarna-jaslovske-bohunice-2/

41. OTČENÁŠEK, Petr, 2003. *Základy konstrukce a funkce jaderných elektráren*. Vyd. 3. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02707-4.

42. PROCHÁZKOVÁ, Dana a Josef ŘÍHA. 2004 Krizové řízení. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, ISBN 80-86640-30-2.

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

44. Příručka pro ochranu obyvatelstva. 2022 In: Základní informace pro případ radiační havárie JE Temelín [online]. [cit. 2022-06-30]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/zakladni-informace-pro-priprad-radiacni-havarie-2022-2023-pdf

45. ŘEHÁK, David a Jana PUPÍKOVÁ, 2015. Ukrytí obyvatelstva v České republice. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-152-1.

46. SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA, 2009. Prevence nehod a havárií. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. ISBN 978-80-86973-73-9.

47. SLABÁK, Pavel. 2020 *Učební texty pro přípravu personálu JE:Elektrická část JE VVER 1000*. Brno: ČEZ.

48. SMETANA, Marek, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ a Danuše KRATOCHVÍLOVÁ, 2010. *Havarijní plánování: varování, evakuace, poplachové plány, povodňové plány*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2989-0.

49. STŘÍŽ, Pavel, Vladimír RYTÍŘ a Petr KLÍMEK, 2008. *Základy pravděpodobnosti a matematické statistiky*. Bučovice: Martin Stříž. ISBN 978-80-87106-15-0.

50. SÚJB, 2008. Historie a předchůdci SÚJB, In: *Sujb.cz* [online]. Praha [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/historie-a-predchudci-sujb

51. SÚJB, 2015. Historie a předchudci SÚJB. In: *Sujb.cz* [online]. Praha [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/historie-a-predchudci-sujb

52. SÚJB, 2021. 35 let od havárie v Černobylu (SÚJB). In: *Sujb.cz* [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/dnes-si-pripominame-35-let-od-havarie-na-cernobylske-jaderne-elektrarne

53. SÚJB, 2021. Uplynulo 10 let od jaderné havárie na elektrárně Fukušima I. In: *Sujb.cz* [online]. Praha, 11.03.2021 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/aktualne/detail/dnes-si-pripominame-10-let-od-jaderne-havarie-na-elektrarne-fukusima-i

54. Ševčík, Vladan. 2020 *Učební texty pro přípravu personálu JE: Jaderná bezpečnost.* Brno: ČEZ.

55. ŠKRANC, Karel, 2022. *Učební texty pro přípravu personálu JE: Dispoziční uspořádání JE Temelín*. Brno: ČEZ.

56. ŠTĚTINA, Jiří, 2014. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4578-7.

57. ŠUSTROVÁ, Petra a Josef MLEJNEK, 2014. Havárie jaderné elektrárny v Černobylu. In: *Moderní dějiny.cz* [online]. 2016-02-25 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://www.moderni-dejiny.cz/clanek/havarie-jaderne-elektrarny-v-cernobylu/

58. VAŇKOVÁ, Jana, 2017. Analýza současných poznatků o vlivu malých radiačních dávek na lidský organismus. Praha. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc.

59. URBANČÍK, Libor, 2015. Jaderná a radiační bezpečnost provozu českých jaderných elektráren. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-214-5238-1.

60. VÁVARA, Ladislav, Ondřej CHOCHOLA a Jiří VOKÁLEK, 2022. *Typový plán: Radiační havárie* [online]. Praha: SÚJB [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/typovy-plan-radiacni-havarie

61. WANO, © 2022. Safety is everyone's business: a brief history of WANO. In: *New.wanomc.ru* [online].Moscow: World Association of Nuclear Operators [cit.2022-07-27]. Dostupné z: https://new.wanomc.ru/en/about/history/

62. WANO, 2013. *Post Fukushima Daiichi Nuclear Accident Lessons Learned Response Template : WANO SOER 2013-2*.

63. WNA, 2022. *Three Mile Island Accident* IN: *world-nuclear.org* [online]. London: World nuclear association [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/three-mile-island-accident.aspx

64. ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2016. Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví). 3. vydání. Praha: Curriculum. 256 s. ISBN 978-80–87894-12-5.

65. ZÁŠKODNÝ, Přemysl, Libor LÍBAL, Jiří PATOČKA a Helena ZÁŠKODNÁ, 2017. Vybrané kapitoly dějin vědy. Praha: Curriculum. ISBN 978-80-87894-16-3.

66. ZÁŠKODNÝ, Přemysl, Renata HAVRÁNKOVÁ, Jiří HAVRÁNEK a Vladimír VURM. Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví). Praha: CURRICULUM, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4.

67. ZÁŠKODNÝ, Přemysl. The principles of probability and statistics: (data mining approach) : bilingual Czech-English version. 1st ed. Praha: Curriculum, 2013, 1 online zdroj (135 s.). ISBN 978-80-904948-5-5.

Seznam příloh

Příloha A Vybrané pojmy jaderné energetiky

Příloha B Hlavní výrobní blok

Příloha C Reaktor typu VVER 1000

Příloha D Příklady některých expozic ionizujícího záření včetně limitů platných v ČR

Příloha E Obecná kritéria pro hodnocení událostí INES

Příloha F Dotazník

Příloha A

název	význam
Aktivní zóna	Je umístěna v nádobě reaktoru, skládá se z palivových souborů (kazet) tvořených palivovými proutky, které obsahují palivo.
Dávka	Dávka představuje energii předanou ionizujícím zářením na lidské tělo. Pomocí dávky vyjadřujeme ozáření člověka. Jednotkou je Sievert [Sv].
Jaderná elektrárna	Jaderná elektrárna je zařízení sloužící k výrobě elektřiny pomocí jaderné reakce.
Jaderná zařízení	Stavby a pracovní celky, jejichž součástí je jaderný reaktor.
Jaderný reaktor	Nádoba sloužící k přeměně jaderné energie na tepelnou a k odstínění záření vznikajícího v aktivní zóně, probíhá v něm štěpná řetězová reakce a vznikají radionuklidy.
Kompenzátor objemu	Je nejčastěji samostatná nádoba s uzavřeným pomocným objemem a s plynovým nebo parním polštářem nad hladinou chladiva.
Kontejment	Ochranná obálka (či budova) jaderného reaktoru v jaderné elektrárně, vystavěná z oceli a betonu.
Lehká voda	Voda, jejíž molekuly obsahují vodík s jádrem tvořeným 1 protonem.
Moderátor	Látka sloužící k intenzivnímu zpomalování rychlých neutronů za účelem udržení štěpné jaderné reakce. Moderátorem může být běžná voda, těžká voda, grafit aj.
Nuklid	Látka, jejíž všechny atomy mají stejný počet protonů i stejný počet nukleonů.
Parogenerátor	Trubkový tepelný výměník, zajišťuje předávání tepelné energie mezi jednotlivými okruhy, které jsou od sebe odděleny.
Radioaktivita	Náhodná neovlivnitelná změna jádra provázená emisí částice nebo částic.
Radionuklid	Nuklid s jádry podléhajícími radioaktivní přeměně.

Štěpná reakce	Štěpná reakce je jaderně-fyzikální proces, při kterém se původní jádro rozdělí a vznikají dvě a více lehčích částic (jádra atomu, neutrony) a uvolní se energie.
Těžká voda	Voda, jejíž molekuly obsahují vodík s jádrem tvořeným 1 protonem a 1 neutronem.
TYVEK	Je obchodní značka polyethylenové netkané textilie vyráběné firmou DuPont. V Rámci provozu JE Temelín je slovo TYVEK známo jako celotělová ochranná kombinéza s kapucí používaná proti povrchové kontaminaci.
Uran	Stříbřitě bílý, lesklý, tvrdý, tvárný radioaktivní kov, který lze i za normální teploty dobře kovat a válcovat. Využití uranu jako paliva do jaderných reaktorů.

Příloha A: Vybrané pojmy jaderné energetiky

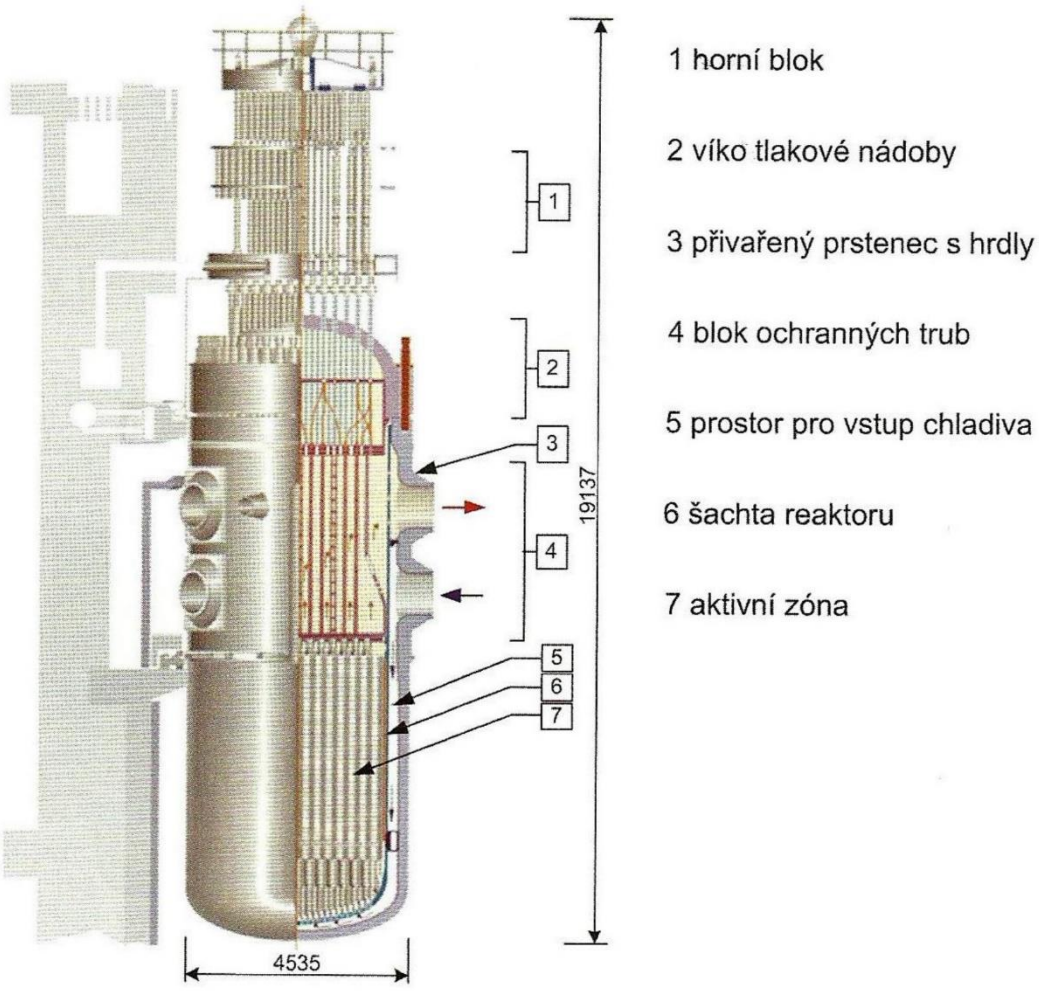
Zdroj: (Koláček, 2022; Škranc, 2020)

Příloha B

Příloha B: Hlavní výrobní blok

Zdroj: (Škranc, 2020)

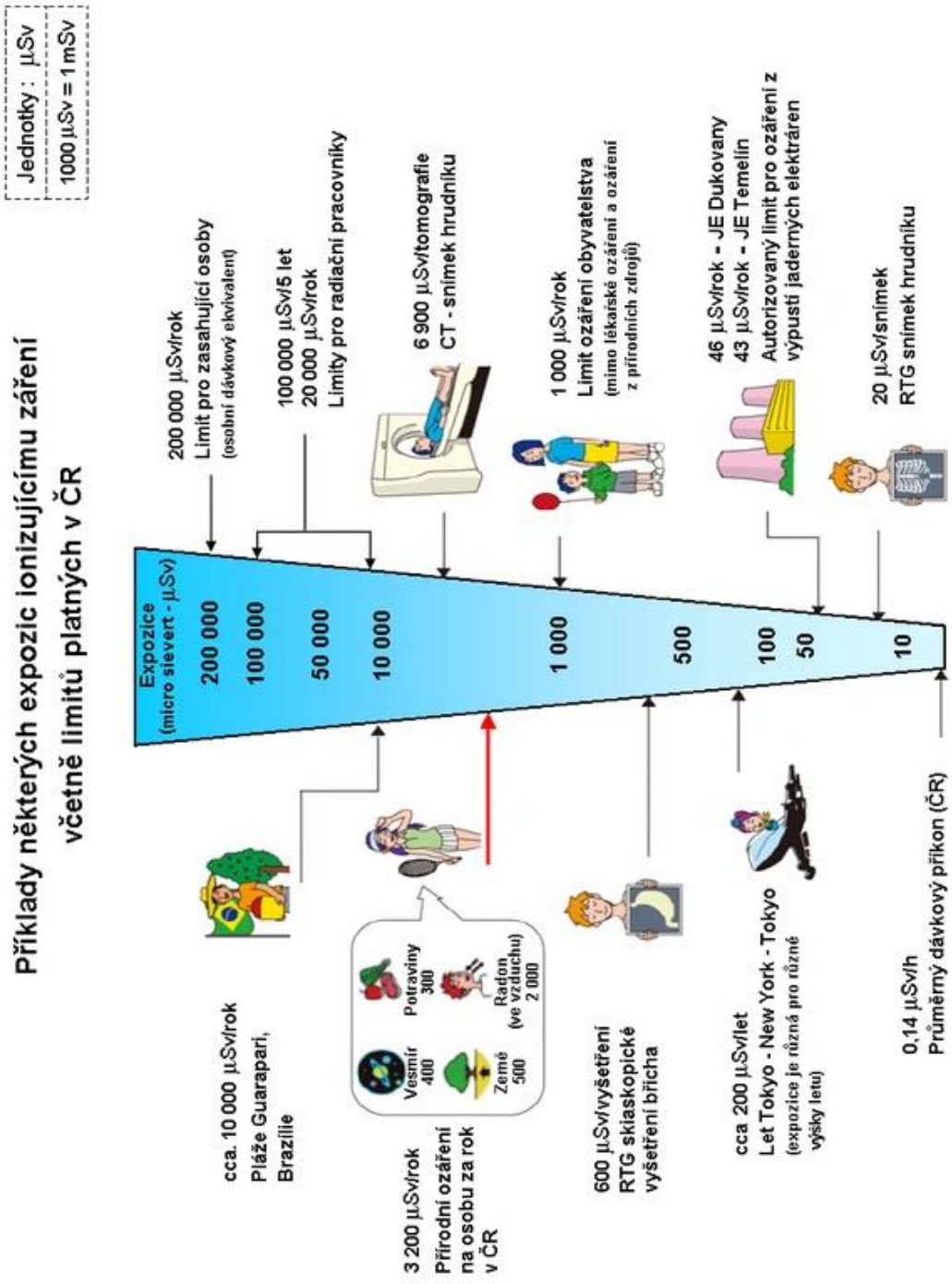
Příloha C



Příloha C: Jaderný reaktor typu VVER 1000

Zdroj: (Drtinová, 2016)

Příloha D



Příloha D: Příklady některých expozic ionizujícího záření včetně limitů platných v ČR

Zdroj: (Vaňková, 2017)

Příloha E

OBECNÁ KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ V INES

Popis a stupně INES	Obyvatelé a životní prostředí	Radiační bariéry a opatření v zařízení	Ochrana do hloubky
Velmi těžká havárie **Stupeň 7**	- Velký únik radioaktivních látek s rozsáhlým rozptýlením: účinky na zdraví obyvatel a životní prostředí vyžadující nasazení plánovaných a rozšířených protiopatření		
Těžká havárie **Stupeň 6**	- Významný únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protiopatření		
Havárie s širšími následky **Stupeň 5**	- Omezený únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení některých plánovaných protiopatření - Několik úmrtí v důsledku radioaktivního záření	- Vážné poškození aktivní zóny jaderného reaktoru - Uvolnění velkého množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel, ke kterému by mohlo dojít při velké kritické havárii nebo požáru	
Havárie s místními následky **Stupeň 4**	- Malý únik radioaktivních látek, který nebude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protiopatření jiných, než lokální kontrolu potravin - Minimálně jedno úmrtí v důsledku radioaktivního záření	- Tavení paliva nebo poškození paliva, vedoucí k uvolnění více jak 0,1% inventáře aktivní zóny - Uvolnění významného množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	- „Téměř havarijní stav" v jaderné elektrárně, kdy nezůstala k dispozici žádná bezpečnostní opatření - Ztráta nebo krádež vysokoaktivního uzavřeného zářiče - Chybné doručení vysokoaktivního uzavřeného zářiče, kdy nejsou k dispozici příslušné postupy radiační ochrany pro manipulaci s ním
Vážná nehoda **Stupeň 3**	- Dávka přesahující desetkrát stanovený roční dávkový limit na pracovníka - Neletální deterministický zdravotní účinek (např. popáleniny) v důsledku záření	- Dávkové příkony větší než 1 Sv/hod. v provozním prostoru - Vážná kontaminace v prostoru, kde to projekt nepředpokládá , ale s malou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	- Významné selhání bezpečnostních opatření (předpisů) bez skutečných následků - Nalezení vysokoaktivního opuštěného uzavřeného zářiče, zařízení nebo radioaktivní zásilky, bez porušení bezpečnostních opatření - Nedostatečný obalový soubor (obal) nebo kryt vysokoaktivního uzavřeného zdroje
Nehoda **Stupeň 2**	- Ozáření jednotlivce z obyvatel přesahující 10mSv - Ozáření pracovníka přesahující stanovené roční limity	- Úroveň záření v provozním prostoru větší než 50 mSv/hod - Významná kontaminace uvnitř zařízení v prostoru, kde to projekt nepředpokládá	- Přezáření jednotlivce z obyvatel dávkou přesahující stanovené limity - Malé problémy s bezpečnostními komponentami s významnou zbývající ochranou do hloubky - Ztráta nebo krádež nízkoaktivního zářiče, nebo radioaktivní zásilky
Anomálie **Stupeň 1**			
Žádný bezpečnostní význam (pod stupnicí/stupeň 0)			

Příloha E: Obecná kritéria pro hodnocení událostí INES
Zdroj: (IAEA, 2014)

Příloha F

Dotazník:

1. **Jaký signál se využívá pro varování obyvatelstva při vyhlášení všeobecné výstrahy?**
   a) Stálý tón v délce 140 vteřin.
   b) Kolísavý tón v délce 140 vteřin.
   c) Střídavý přerušovaný tón v délce 120 vteřin
   d) Varování rozhlasem je pouze sděleno rozhlasem

2. **Jaký je poloměr zóny havarijního plánování pro JE Temelín?**
   a) 20 km
   b) 13 km
   c) 10 km
   d) 5 km

3. **Jaká jsou neodkladná ochranná opatření při radiační mimořádné události v zóně havarijního plánování?**
   a) omezení konzumace potravin a vody
   b) přesídlení obyvatel a zvěře
   c) ukrytí, jódová profylaxe a evakuace
   d) varování, ukrytí a evakuace

4. **Kdo vydává pokyn k požití jódové profylaxe při mimořádné události?**
   a) Směnový inženýr (na jaderné elektrárně) / Starosta obce / sdělovací prostředky
   b) Ředitel jaderné elektrárny
   c) Velitel zásahu HZSp při mimořádné události
   d) Zdravotnický personál elektrárny

5. **Jaké záření v rámci provozu jaderných zařízení je nejpronikavější (má schopnost projít nejvíce látkami)?**
   a) záření alfa – **α**
   b) záření beta – **β**
   c) záření gamma – **γ**
   d) neutronové záření - n

6. **Jaký je přínos jódové profylaxe při radiační havárii?**
   a) pomáhá lepší krvetvorbě
   b) **nasytí štítnou žlázu neradioaktivním jódem**
   c) likviduje pozřené radionuklidy pomocí jódu
   d) brání vstupu radionuklidů přes kůži

7. **Jakou úlohu mají rekombinátory v kontejnmentu (v reaktorovém sálu) jaderné elektrárny?**
   a) úprava vzduchu v kontejnmentu
   b) zachytávání radionuklidů
   c) **přeměnu vodíku na vodu (vodní páru) a teplo**
   d) zachytávání nečistot v kontejnmentu

8. **Jaký Izotop Uranu se používá jako palivo pro jaderný reaktor na JE Temelín**
   a) U^{238}
   b) Pu^{239}
   c) **U^{235}**
   d) Th^{232}

9. **V jakém intervalu a jaký objem paliva se mění při pravidelné odstávce v rámci provozu JE Temelín?**
   a) 1 rok – celý objem paliva
   b) 2 roky – 1/2 paliva
   c) **1 rok – 1/4 paliva**
   d) 2 roky – celý objem paliva

10. Kolik stupňů má mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES – The International Nuclear Event Scale)?

a) 4- (INES 0-3) odchylka, vážná nehoda, havárie s rizikem vně zařízení, velmi těžká havárie

b) 6- (INES 0-5) odchylka, nehoda, vážná nehoda, havárie bez rizika vně zařízení, havárie s rizikem vně zařízení, velmi těžká havárie

c) 8- (INES 0-7) odchylka, anomálie, nehoda, vážná nehoda, havárie bez rizika vně zařízení, havárie s rizikem vně zařízení, těžká havárie, velmi těžká havárie

d) 10 (INES 0-9) odchylka, anomálie, nehoda, vážná nehoda, havárie bez rizika vně zařízení, havárie s rizikem vně zařízení, těžká havárie, velmi těžká havárie, totální destrukce, jaderný výbuch

11. Jaký typ reaktoru je v lokalitě JE Temelín?

a) Varný reaktor
b) Tlakovodní reaktor
c) Těžkovodní reaktor
d) Lehkovodní grafitový reaktor

12. Jaká kyselina se používá jako moderátor pro řízení reaktivity („ výkonu“) při provozu jaderného reaktoru (JE Temelín)?

a) kyselina barnatá
b) kyselina sírová
c) kyselina boritá
d) kyselina chlorovodíková

13. Kolik úkrytů civilní ochrany včetně úkrytu havarijního štábu je k dispozici v rámci provozu JE Temelín v běžné pracovní době?

a) 2
b) 3
c) 4
d) 6

14. Kdo provádí správu a dozor nad jadernou bezpečností v ČR?

a) MAAE – mezinárodní agentura pro atomovou energii
b) **SÚJB – státní ústav jaderné bezpečnosti**
c) WANO – světová asociace provozovatelů jaderných elektráren
d) SÚRAO – správa uložišť radioaktivních odpadů

15. Na kolik hodin je provozně nejvýše plánováno ukrytí osob pracujících v rámci provozu ETE v krytech civilní ochrany?

a) 12h
b) 24h
c) 48h
d) **72h**

16. Jaký je maximální dávkový limit pro radiačního pracovníka (pracovník pracující v kontrolovaném pásmu elektrárny)?

a) 1 mSv/rok
b) **20 mSv/rok**
c) 50 mSv/rok
d) Není stanoven limit

17. Jaký je maximální dávkový limit pro obyvatelstvo (mimo elektrárnu – bez vstupu ne JE)?

a) **1 mSv/rok**
b) 20 mSv/rok
c) 50 mSv/rok
d) Není stanoven limit

18. Základní způsob dekontaminace těla je prováděn pomocí?

a) Horké vody
b) **Vlažné vody a mýdla**
c) Kombinací lihu a speciálního dekontaminačního roztoku
d) Lihu

19. Jaká situace je z pohledu radiační ochrany závažnější?

- **a) Vnitřní kontaminace – zdroj záření je v bezprostředním kontaktu s orgány a tkáněmi**
- **b)** Vnější ozáření – zdroj záření ozařuje celý povrch těla
- **c)** Vnitřní i vnější ozáření jsou stejně nebezpečná
- **d)** Vnější ozáření – hrozí druhotné ozáření osob v okolí ozářené osoby

20. Co provedete při vyhlášení signálu všeobecná výstraha?

- **a)** Opustím místo bydliště
- **b)** Optám se starosty obce, co se stalo
- **c) Ukryji se ve zděné budově, zapnu rozhlas nebo televizi a řídím se pokyny odpovědných orgánů**
- **d)** Vyjdu před dům, zjistit co se děje

Zdroj: Vlastní výzkum

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Základní schéma JE Temelín Zdroj: Škranc, 2020 29
Obrázek 2: Pronikavost jednotlivých druhů záření Zdroj: Cohen-Unger, 2016..... 36
Obrázek 3: Zóna havarijního plánování JE Temelín Zdroj: Koláček, 2022..... 49
Obrázek 4: Tvar a význam varovného signálu Zdroj: Vyhláška č. 380/2002 Sb. 51
Obrázek 5: Graf empirického rozdělení absolutních četností laické veřejnosti 66
Obrázek 6: Graf empirického rozdělení kumulativních četností laické veřejnosti..... 67
Obrázek 7: Graf empirického rozdělení absolutních četností odborné veřejnosti..... 71
Obrázek 8: Graf empirického rozdělení kumulativních četností odborné veřejnosti 72
Obrázek 9: Graf empirického rozdělení absolutních četností laické veřejnosti 78
Obrázek 10: Graf empirického rozdělení absolutních četností odborné veřejnosti..... 79

Tabulka 1: Škála pro prováděný průzkum dotazníkového šetření laické veřejnosti 65
Tabulka 2: Zpracování dat znalostí laické veřejnosti 66
Tabulka 3 Intervalové rozdělení četností výsledků laické veřejnosti 68
Tabulka 4 tabulka výpočtů u_i, $F(u_i)$, p_i *a* np_i laické veřejnosti..... 69
Tabulka 5: Škála pro prováděný průzkum dotazníkového šetření odborné veřejnosti... 70
Tabulka 6: Zpracování dat znalostí odborné veřejnosti..... 71
Tabulka 7 Intervalové rozdělení četností výsledků odborné veřejnosti 73
Tabulka 8 Tabulka výpočtů u_i, $F(u_i)$, p_i *a* np_i odborné veřejnosti..... 74

Seznam zkratek

a.s.	Akciová společnost
AZ	Atomový zákon 263/2016 Sb.
CO	Civílní ochrana
ČR	Česká republika
ČEZ	České energetické závody
ČVUT	České vysoké učení technické
HP	Havarijní plán
HCČ	Hlavní cirkulační čerpadlo
HVB	Hlavní výrobní blok
INES	International Nuclear Event Scale
IZ	Ionizující záření
JB	Jaderná bezpečnost
JE	Jaderná elektrárna
JEZ	Jaderně energetická zařízení
JSST	Japonská společnost stavebních techniků
W	Jednotka výkonu - Watt
MPa	Jedtnotka tlaku - mega Pascal
kV	kilo Volt - napětí
KO	Kompenzátor objemu
KP	Kontrolované pásmo
MWe	Mega Watt elektrických - zkratka elektrickéh výkonu
MWt	Mega Watt tepelných - zkratka tepelného výkonu
MAAE - IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii - International Atomic Energy Agency
MU	Mimořádná událost
MV-GŘ HZS ČR	Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství hasičského záchranného sporu České republiky
NS	Nouzový stav
PG	Parogenerátor
I.O.	Primární okruh
RMU	Radiační mimořádná událost
RO	Radiační ochrana
RO	Radiační ochrana
II.O.	Sekundární okruh
Sv	Sievert - jednotka ekvivalentní dávky ionizujícího záření
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TMI	Three Mile island
ÚJV Řež	Ústav jaderné fyziky Řež
VD	Vodní dílo
WANO	World Association of Nuclear operators
ŽDP	Životně důležité prostory
°C	Stupeň Celsia