

I N E S

**Mezinárodní stupnice hodnocení
závažnosti jaderných událostí**

Uživatelská příručka

Revidované a rozšířené vydání 1992

Připraveno společně Mezinárodní agenturou pro atomovou energii a Agenturou pro jadernou energii při OECD

Mezinárodní agentura pro atomovou energii

Vídeň, 1992

PŘEDMLUVA

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES) byla zavedena v březnu 1990 na zkušební období a jejím hlavním účelem je usnadnit komunikaci mezi jaderným společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností při těchto událostech. Stupnice začíná stupněm 0 pro události bez bezpečnostního významu a končí stupněm 7 pro velmi těžké havárie.

Stupnice byla rozšířena do členských států Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) a Agentury pro jadernou energii při OECD (NEA). Stupnice byla na základě zkušeností zdokonalena a rozšířena tak, aby ji bylo možné použít pro jakoukoliv událost nejen v jaderných elektrárnách, ale i v jiných jaderných zařízeních. Stupnice má být důležitým prostředkem při poskytování rychlých, jasných a konsistentních informací o jaderných událostech, ať proběhnou kdekoli a kdykoli.

Komunikační síť "informačního systému INES" získává informace a dál je šíří prostřednictvím národních koordinátorů INES, přičemž oficiální hlášení INES o jaderné události má být poskytnuto do 24 hodin v případě, že:

- bezpečnostní význam události je oceněn stupněm 2 a vyšším
- v zahraničí či u veřejnosti je zájem o informace k určité události (stupně 1 a 0).

Formulář hlášení INES je pomocí pro každého národního koordinátora INES při poskytování nezbytných informací o jaderných událostech v zahraničí veřejnosti, tisku a masmédiím. Formulář, který odráží zkušenosti národních koordinátorů INES, poskytuje IAEA i s návodem na jeho vyplnění.

Používání stupnice je ze strany IAEA podporováno výcvikovými programy.

OBSAH

ČÁST I - CELKOVÝ POPIS.....	5
I-1. ÚVOD.....	5
I-1.1. Základní údaje	5
I-1.2. Obecný popis stupnice.....	7
I-1.3. Rozsah stupnice	9
I-1.4. Struktura příručky.....	11
I-2. POSTUP PŘÍRAZENÍ STUPNĚ	11
I-2.1. Kritéria dopadu na okolí jaderného zařízení.....	11
I-2.2. Kritéria dopadu události na jaderné zařízení	12
I-2.3. Kritéria hloubkové ochrany	15
I-2.4. Ilustrativní příklad přiřazení stupně.....	15
ČÁST II - KRITÉRIA DOPADU NA OKOLÍ A NA ZAŘÍZENÍ	16
II-1. DOPAD NA OKOLÍ JADERNÉHO ZAŘÍZENÍ	16
II-1.1. Obecný popis.....	16
II-1.2. Definice stupňů	17
II-1.3. Definice radiačního ekvivalentu a dávky	18
II-2. DOPAD NA JADERNÉ ZAŘÍZENÍ.....	18
II-2.1. Obecný popis.....	18
II-2.2. Definice stupňů	19
II-2.3. Definice "míst nepředpokládaných projektem".....	20
ČÁST III - KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY PRO REAKTORY.....	21
III-1. OBECNÝ POPIS.....	21
III-1.1. Celkové pojetí	21
III-1.2. Doplnující faktory	22
III-1.3. Ověření přiřazeného stupně.....	22
III-2. POSTUP ZALOŽENÝ NA INICIAČNÍCH UDÁLOSTECH A BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMECH	23
III-2.1. Typy událostí	23
III-2.2. Definice kategorie iniciačních událostí.....	23
III-2.3. Plnění bezpečnostních funkcí.....	25
III-2.4. Přiřazení stupňů událostem (odvození tabulek I a II).....	27
III-2.5. Použití tabulek	30
III-2.6. Nadprojektové iniciační události.....	31
III-2.7. Doplnující faktory.....	31
III-2.8. Strukturální vady.....	32
III-2.9. Potenciální iniciační události.....	32
III-2.10. Rizika	33
III-3. POSTUP ZALOŽENÝ NA SYSTÉMECH A PREVENTIVNÍCH KONTROLÁCH.....	34
III-3.1. Události během odstavení reaktoru.....	35
III-3.2. Řízení kritičnosti.....	37
III-3.3. Ztráta nebo přemístění radioaktivních zdrojů	37

III-3.4. Rozšíření kontaminace.....	37
III-3.5. Kontrola dávek.....	38
III-3.6. Blokáda dveří do stíněných prostor.....	38
III-3.7. Neplánovaný výtok nebo únik	38
III-3.8. Porušení oprávnění k vypouštění	38
III-4. UDÁLOSTI POD STUPNICÍ.....	38
III-5. DOPLŇUJÍCÍ FAKTORY.....	39
III-5.1. Poruchy se společnou příčinou.....	40
III-5.2. Nedostatky v postupech	40
III-5.3. Události spojené s kulturou bezpečnosti.....	40
III-6. PŘÍKLADY	41
<i>Vysvětlení hodnocení.....</i>	<i>47</i>
III-7. DEFINICE.....	48
PŘÍLOHA KE KAPITOLE III - PŘÍKLADY INICIAČNÍCH UDÁLOSTÍ	50
III-A.1. TLAKOVODNÍ REAKTORY (PWR a VVER).....	50
III-A.2. VARNÉ REAKTORY	52
III-A.3. TĚŽKOVODNÍ REAKTORY CANDU.....	53
III-A.4. REAKTORY RBMK	55
III-A.5. PLYNEM CHLAZENÉ REAKTORY	57
ČÁST IV - KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY - OSTATNÍ JADERNÁ ZAŘÍZENÍ	58
IV-1.OBECNÝ POPIS.....	58
IV-1.2. Doplnující faktory.....	59
IV-1.3. Ověření přiřazeného stupně	59
IV-2. OBECNÉ PRINCIPY HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ.....	60
IV-3. DOPLŇUJÍCÍ FAKTORY	60
IV-3.1. Poruchy se společnou příčinou	61
IV-3.2. Nedostatky v postupech.....	61
IV-3.3. Události spojené s kulturou bezpečnosti.....	62
IV-4. UDÁLOSTI POD STUPNICÍ.....	62
IV-5. SPECIFICKÉ NÁVODY PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ.....	63
IV-5.1. Události společné pro všechna zařízení	63
IV-5.2. Události v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních	65
IV-5.3. Události na zařízeních pro přepracování paliva, zpracování vysoko a středně aktivních odpadů, skladování a vitrifikaci	68
IV-5.4. Události na zařízeních pro zpracování nízkoaktivních odpadů, skladování a trvalé uložení	71
IV-6. PŘÍKLADY.....	71
IV-7. DEFINICE	73

ČÁST I

CELKOVÝ POPIS

I-1. ÚVOD

I-1.1. Základní údaje

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES) je prostředkem, jak veřejnost bezprostředně informovat o bezpečnostním významu událostí v jaderných zařízeních. Stupnice může tím, že o události poskytne náležité informace, usnadnit vzájemné porozumění mezi jaderným společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností.

Stupnice byla vytvořena mezinárodní skupinou specialistů sestavenou Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii při OECD (NEA). Skupina se řídila závěry řady mezinárodních setkání, kde byly diskutovány obecné zásady pro tvorbu stupnice. Stupnice také odráží zkušenosti z Francie a Japonska, kde jsou podobné stupnice užívány, a návrhy stupnic z řady dalších zemí.

Stupnice je použitelná pro události ve všech jaderných zařízeních civilního jaderného průmyslu a pro události během transportu radioaktivních materiálů do těchto zařízení a z nich. Užívání stupnice monitoruje IAEA.

Vzhledem k velkému množství zařízení a různorodosti provozovatelů a dozorných orgánů stupnice a příručka v současné době neuvažují činnosti spojené s ozařováním, výrobou izotopů a jejich transportem a používáním radioaktivních zdrojů. Tyto činnosti mohou být však do stupnice zařazeny později.

Ačkoliv má být stupnice použita okamžitě po dané události, budou se vyskytovat případy, kdy pochopení a řádné přiřazení stupně události bude vyžadovat jistý čas. Za těchto okolností se přiřadí stupeň s podmínkou, že později bude přiřazení potvrzeno. Je také možné, že v důsledku dalších analýz a informací bude nutné přiřadit události jiný stupeň, avšak toto přeřazení by se mělo provádět jen v nejnnutnějších případech.

Kritéria jaderné a radiační bezpečnosti a popisnou terminologii lze obecně srovnat, avšak v jednotlivých zemích se mohou od sebe lišit. Přestože byl při tvorbě stupnice tento fakt vzat v úvahu, je možné, že si uživatelské země budou přát vyjasnit, zda a jak stupnice odpovídá jejich národním kritériím.

(Kritéria uvedená v tabulce jsou pouze všeobecné indikátory)

Podrobné definice jsou uvedeny v příručce

	KRITÉRIA NEBO BEZPEČNOSTNÍ ATRIBUTY		
	Důsledky mimo hranici jaderného zařízení	Důsledky uvnitř hranice jaderného zařízení	Narušení hloubkové ochrany
7 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	značné uvolnění radioaktivních látek, velké účinky na zdraví a životní prostředí		
6 TĚŽKÁ HAVÁRIE	Významné uvolnění radioaktivních látek, pravděpodobně úplná realizace havarijních plánů		
5 HAVÁRIE S RIZIKEM ÚČINKŮ MIMO HRANICE ZAŘÍZENÍ	omezené uvolnění radioaktivních látek, pravděpodobně částečná realizace havarijních plánů	velké poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér	
4 HAVÁRIE BEZ VÝZNAMNÉHO RIZIKA NA OKOLÍ	malé uvolnění radioaktivních látek, ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů	významné poškození aktivní zóny reaktoru, radiačních bariér, smrtelné ozáření zaměstnanců	
3 VÁŽNÁ NEHODA	velmi malé uvolnění radioaktivních látek, ozáření obyvatelstva představuje zlomek z povolených limitů	velká kontaminace, akutní účinky na zdraví zaměstnanců	téměř havarijní stav, nezbývají žádné bezpečnostní zábrany
2 NEHODA		významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců	nehody s významným narušením bezpečnostních opatření
1 ANOMÁLIE			anomálie od povoleného provozního režimu
0 UDÁLOST POD STUPNICÍ ODCHYLKA	Bez bezpečnostního významu		
UDÁLOST MIMO STUPNICI	Nesouvisí s bezpečností		

Tabulka 1. Základní struktura stupnice.

I-1.2. Obecný popis stupnice

Stupnice hodnotí události v sedmi stupních. Nižší stupně (1-3) označují nehody a horní stupně (4-7) havárie. Události bez bezpečnostního významu jsou hodnoceny stupněm 0 ("pod stupnicí") a označují se jako odchylky. Události, jež vůbec nesouvisí s bezpečností, se označují jako "mimo stupnici".

Struktura stupnice ve formě jednoduché tabulky s klíčovými slovy naznačujícími bezpečnostní význam událostí, je znázorněna v tabulce 1. Tabulka ukazuje, jak dané stupně odpovídají třem jednotlivým kritériím, jichž se užívá ke klasifikaci událostí. Slovní obraty byly vybrány tak, aby umožnily všeobecně naznačit bezpečnostní význam, neodpovídají tedy zcela přesně odborným výrazům a nelze je proto chápat jako přesné a konečné. V příručce jsou uvedeny podrobné definice všech stupňů tak, aby mohl být dané události přiřazen stejný stupeň i v různých zemích, t.j. aby hodnocení dané události bylo mezinárodně konsistentní. Tato příručka také dává příklady použití stupnice při hodnocení řady skutečných událostí.

Druhý sloupec v tab.1 se vztahuje na události, při nichž dochází k úniku radioaktivity do okolí. Takovéto úniky jsou pochopitelně v popředí zájmu, neboť jsou to události s přímým účinkem na obyvatelstvo. Nejnižší bod sloupce představuje únik, při němž je nejvíce zasažený jedinec z okolí jaderného zařízení vystaven odhadnuté radiační dávce číselně rovné přibližně jedné desetíně ročního dávkového limitu pro obyvatelstvo. Událost je ohodnocena stupněm 3. Tato dávka je také asi jednou desetinou průměrné roční dávky od přírodního pozadí. Nejvyšší bod sloupce odpovídá jaderné havárii s rozsáhlými následky na zdraví obyvatel a životní prostředí.

Třetí sloupec tab.1 uvažuje účinky události na jaderné zařízení. Tato kategorie se pohybuje v rozmezí od stupně 2 (velká kontaminace a/nebo překročení limitů ozáření pracovníků) ke stupni 5 (vážné poškození elektrárny, t.j. tavení zóny).

Všechna jaderná zařízení jsou projektována tak, že postupným zapojováním bezpečnostních opatření se zabrání velkému dopadu události na okolí či samotné zařízení a rozsah zapojených bezpečnostních systémů bude obecně odpovídat potenciálnímu dopadu události na zařízení a jeho okolí. Teprve narušení všech bezpečnostních opatření může vést ke značným následkům na okolí a samotné zařízení. Systém těchto bezpečnostních opatření se nazývá "hloubková ochrana". Čtvrtý sloupec tabulky se vztahuje na nehody v jaderných zařízeních nebo na nehody během přepravy radioaktivních materiálů, při nichž byl narušen systém hloubkové ochrany. Nehody jsou hodnoceny stupni 1 až 3.

Událost, která je charakterizována ve více sloupcích tabulky, je vždy hodnocena nejvyšším stupněm dosaženým v libovolném sloupci.

		POPIS	KRITÉRIA	PŘÍKLADY
H A V Á R I E	7	VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	* Únik velké části radioaktivních materiálů z velkého zařízení (např. ze zóny energetického reaktoru) do okolí, obsahující směs radioaktivních štěpných produktů s krátkým i dlouhým poločasem rozpadu (aktivita desetitisíce TBq I 131 nebo více). Možnost akutních zdravotních účinků; pozdní zdravotní následky u obyvatel na rozsáhlém území, zasahujícím i několik států; dlouhodobé důsledky na životní prostředí.	Jaderná elektrárna Černobyl, SSSR (nyní Ukrajina), 1986
	6	TĚŽKÁ HAVÁRIE	* Únik radioaktivních materiálů do okolí (aktivita tisíce až desetitisíce TBq I 131). Po úniku pravděpodobně plná realizace havarijních plánů, jež omezí vážné zdravotní následky.	Přepřac.závod Kyštym, SSSR (Rusko) 1957
	5	HAVÁRIE S RIZIKEM ÚČINKŮ MIMO HRANICI ZAŘÍZENÍ	* Únik radioaktivních materiálů do okolí (aktivita stovky až tisíce TBq I 131). Po úniku pravděpodobně částečná realizace havarijních plánů, jež sníží pravděpodobnost zdravotních následků. * Těžké poškození jaderného zařízení, např. těžké poškození velké části zóny energetického reaktoru, velká havárie spojená s kritičností reaktoru nebo velký požár či výbuch, kdy se uvolní velké množství radioaktivity uvnitř zařízení.	Výzk.reaktor Windscale, UK 1957 Jaderná el. Three Mile Island, USA, 1979
	4	HAVÁRIE BEZ VÝZNAMNÉHO RIZIKA NA OKOLÍ	* Únik radioaktivity do okolí s maximální dávkovou zátěží ozářených jedinců v okolí jaderného zařízení v jednotkách mSv.** Potřeba havarijních opatření nepravděpodobná s výjimkou lokální kontroly potravin. * Významné poškození jaderného zařízení, které může způsobovat problémy při odstraňování následků havárie, např.částečné tavení zóny u energetických reaktorů a srovnatelné události u jiných zařízení. * Ozáření jednoho nebo více zaměstnanců, při němž jsou překročeny povolené limity a je vysoká pravděpodobnost časného úmrtí. **Dávky jsou vyjádřeny v jednotkách pro efektivní dávkový ekvivalent (celotělová dávka).Kritéria je možné vztáhnout k povol.roč.limitům výpustí v jednotl.státech	Přepřac.závod Windscale UK, 1973 Jaderná el. Saint-Laurent Francie, 1980 Krit.soubor Buenos Aires

N E H O D A	3	VÁŽNÁ NEHODA	<p>* Únik radioaktivity do okolí nad povolené limity s dávkovou zátěží nejvíce exponovaných jedinců v okolí zařízení řádově v desetinách mSv. Havarijní opatření ní nejsou pravděpodobně nutná.</p> <p>* Události uvnitř elektrárny s dávkovou zátěží zaměstnanců, jež může způsobit akutní zdravotní potíže a/nebo události s těžkou kontaminací, např. materiál o aktivitě řádově tisíce TBq se uvolní do sekundárního kontejnmentu, odkud může být vrácen do uspokojivých skladovacích prostor.</p> <p>* Nehody, při nichž by v důsledku další poruchy bezpečnostních systémů mohly vzniknout havarijní podmínky nebo situace, kdy by bezpečnostní systémy nebyly schopny zabránit havárii, pokud by nastaly určité iniciační události.</p>	Jaderná el. Vandellos, Španělsko, 1989
	2	NEHODA	<p>* Nehody s významným porušením bezpečnostních opatření, hloubková ochrana však zůstává schopna se vyrovnat s dalšími poruchami.</p> <p>* Událost s dávkovou zátěží zaměstnanců převyšující povolený roční limit a/nebo událost s významným uvolněním radioaktivity do míst zařízení, kde to projekt nepředpokládal, a jež si vyžádá nápravná opatření.</p>	
	1	ANOMÁLIE	* Odchylky od schváleného provozního režimu. Příčinou může být porucha zařízení lidská chyba nebo nevhodné provozní postupy (takové odchylky by měly být odděleny od situací, kdy nejsou překročeny limity a podmínky a kdy se situace bezpečně zvládnou příslušnými postupy; tyto situace patří typicky "pod stupnicí").	
	0	ODCHYLKA	UDÁLOST POD STUPNICÍ - BEZ BEZPEČNOSTNÍHO VÝZNAMU	

Obr.2. Mezinárodní stupnice pro hodnocení závažnosti událostí v jaderných zařízeních určená pro okamžitou informaci o bezpečnostním významu události.

Přestože je k dispozici podrobný výklad jak hodnotit události, je zřejmé, že pro přiřazení určitého stupně k dané události je často třeba i odborného posudku.

Podrobné definice, použité v této příručce, jsou shrnuty na zadní straně letáku INES. Ačkoliv nemá být toto shrnutí základem pro hodnocení události, příručka je pro úplnost uvádí v tabulce 2. Tabulka také vyjmenovává některé příklady závažných a přitom reálných událostí, tak jak by byly nebo jsou hodnoceny stupnicí INES.

Podrobný návod by měl být samozřejmě v souladu s tabulkami 1 a 2, avšak je důležitý zejména proto, aby nedošlo k chybnému výkladu zjednodušených formulací užitých v těchto tabulkách.

I-1.3. Rozsah stupnice

Stupnice je určena pro všechna zařízení civilního jaderného průmyslu (od těžby a úpravy uranu po skladování a trvalé uložení radioaktivních odpadů) a pro události během transportu radioaktivních materiálů do těchto zařízení nebo z nich.

Významnost události je však hodnocena pouze z hlediska jaderné nebo radiační bezpečnosti. Průmyslové havárie nebo jiné události, nesouvisející s jadernými nebo radiačními operacemi, hodnoceny nejsou. Postaveny jsou mimo stupnici a mohou být definovány jako události nemající za žádných okolností radiační následky, neboť ovlivňují pouze zařízení bez vlivu na bezpečnost. Jako příklad uveďme události spojené s poruchou turbíny nebo generátoru, které sice mohou postihnout zařízení s vlivem na bezpečnost (např. způsobit odstavení reaktoru), ale pokud ovlivňují pouze provozuschopnost turbíny nebo generátoru, měly by být hodnoceny mimo stupnici. Podobně by měly být závažné události jako požáry (které mohou být velmi významné samy o sobě) hodnoceny mimo stupnici, pokud v sobě nenesou možná radiační rizika a nemají vliv na bezpečnostní zábrany.

Tento podrobný návod lze užít pro následující zařízení :

- energetické reaktory
- výzkumné reaktory
- doly a úpravny
- závody na obohacení uranu
- závody na výrobu paliva
- sklady ozářeného paliva a přepracovací závody
- zařízení pro zpracování, skladování a konečné uložení odpadů.

Návod lze také použít pro hodnocení událostí na výzkumných nebo prototypových zařízeních s podobnou činností.

Jak již bylo uvedeno, návod není určen pro zařízení mimo civilní jaderný průmysl (např. malá zařízení na ozařování nebo výrobu izotopů) nebo obecně pro transport radioaktivních materiálů, neboť pro takovéto speciální použití nebyla stupnice navržena.

Aby však bylo možné v případě potřeby klasifikovat jakoukoliv událost v jaderném zařízení, jehož se stupnice týká, zabývá se návod i událostmi spojenými s kontrolou uzavřených zářičů a transportem paliva a odpadů do těchto zařízení a z nich.

Stojí za povšimnutí, že přestože je stupnice užívána pro všechna jaderná zařízení, je fyzicky nemožné, aby v některých typech zařízení došlo k událostem s únikem značného množství radioaktivních materiálů do okolí. Je to díky nízkému radioaktivnímu inventáři anebo omezenému množství energie, které není schopno vyvolat velký únik radioaktivních materiálů. Pro jakékoliv události v těchto zařízeních nepřipadají horní stupně stupnice v úvahu. Příkladem jsou výzkumné reaktory, závody na zpracování neozářeného paliva a téměř všechny typy skladů odpadu.

Výzkumné reaktory znamenají samozřejmě menší potenciální rizika ve srovnání s reaktory energetickými. Vzhledem k velké různorodosti projektů, širokému rozsahu výkonu, různým způsobům provozu, účelům využití a rozdílům v umístění není možné obecně stanovit jejich potenciální rizika. Postupy přiřazování stupňů stupnice INES platné pro energetické reaktory však pro nehody a havárie ve výzkumných reaktorech mohou být použity. Pro většinu výzkumných reaktorů lze pak očekávat nízké stupně stupnice.

Mezinárodní stupnice nenahrazuje kritéria pro zprávy, popis, definice a technické analýzy jaderných událostí již přijatá v jednotlivých zemích či mezinárodně.

Stupnice by neměla sloužit k výběru událostí, podle nichž se vyhodnocuje zpětná vazba provozních zkušeností, neboť z tohoto hlediska jsou často události relativně menšího významu důležitější.

Stupnici není vhodné používat ke srovnávání bezpečnosti v jednotlivých zemích. Každá země má své vlastní zvyklosti při podávání zpráv veřejnosti o menších událostech a dále je obtížné zajistit úplnou mezinárodní konsistenci při hodnocení událostí pohybujících se mezi stupni 0 a 1. Ačkoliv informace o událostech hodnocených stupněm 2 a vyššími jsou obecně dostupné, statisticky je to malé množství, mění se rok od roku, a je tedy obtížné provést smysluplné mezinárodní porovnání.

Pokud by došlo k havarijní radiační situaci v blízkosti jaderného zařízení nebo během transportu radioaktivních materiálů, měly by být realizovány havarijní plány daného státu. Stupnice by měla být užívána jako součást formálních havarijních plánů.

I-1.4. Struktura příručky

Příručka obsahuje čtyři části. Část I obsahuje souhrn základních údajů o stupnici a postupech, jež se užívají při hodnocení událostí. Část II obsahuje podrobný návod k hodnocení událostí z hlediska dopadu události na okolí a na vlastní zařízení. Tyto dvě části je možné aplikovat na všechna jaderná zařízení.

Části III a IV zahrnují podrobný návod k hodnocení událostí z hlediska hloubkové ochrany pro reaktory, resp. pro jiná zařízení.

Ačkoliv základní logika pro část III a IV je stejná, do podrobného návodu je nezbytné zahrnout specifika zařízení tak, aby byla zajištěna mezinárodní konsistence.

I-2. POSTUP PŘÍŘAZENÍ STUPNĚ

Tento oddíl popisuje postup, podle kterého by měl být události přiřazen stupeň, a obsahuje odkazy na podrobnější oddíly v kapitolách II až IV.

Obecný postup přiřazení stupně je shrnut ve vývojovém diagramu (obr. 1) a jeho použití je znázorněno na konci této kapitoly.

V prvním kroku se ověří, zda se událost týká jaderné nebo radiační bezpečnosti. Pokud ne, událost je klasifikována mimo stupnici. Příklady událostí mimo stupnici jsou uvedeny v oddíle I-1.1.

V případě, že se jedná o událost spojenou s jadernou nebo radiační bezpečností, uvažuje se každé ze tří kritérií (t.j. dopad na okolí, na elektrárnu a hloubková ochrana) zvlášť a vybírá se nejvyšší ze tří přiřazených stupňů.

I-2.1. Kritéria dopadu na okolí jaderného za řízení

Přiřazení stupně události z hlediska kritéria dopadu na okolí vychází ze skutečného radiačního vlivu na okolí elektrárny. Ten může být vyjádřen množstvím uvolněné aktivity nebo ozářením populace. Rozsah úniku pro každý stupeň definuje kapitola II, oddíl II-1.2.

Dopad události na okolí je hodnocen stupni 3 až 7. Práh pro hodnocení události podle dopadu na okolí je definován jako nepovolený externí únik, v jehož důsledku jsou nejvíce exponovaní jedinci vystaveni dávce řádově v desetinách milisievert. Pokud je dávka menší, kritérium dopadu na okolí se neuvažuje.

Události s dávkovou zátěží na okolí menší než je prahová hodnota stupně 3 však mohou znamenat porušení provozních limitů nebo pravidel nebo mohou indikovat narušení kultury bezpečnosti. Takové události se hodnotí podle kritéria hloubkové ochrany a může jim být přiřazen stupeň 1 podle oddílů III.5 a IV.3. Samozřejmě by se měly zvážit i vyšší stupně podle kritéria dopadu na vlastní zařízení nebo podle jiných aspektů kritéria hloubkové ochrany.

I-2.2. Kritéria dopadu události na jaderné zařízení

Kritérium zahrnuje tři aspekty : radiační poškození, únik radioaktivních materiálů nebo jejich průnik do nedostatečně stíněných prostor na elektrárně a ozáření pracovníků. Podrobné definice jsou v oddíle II-2.2.

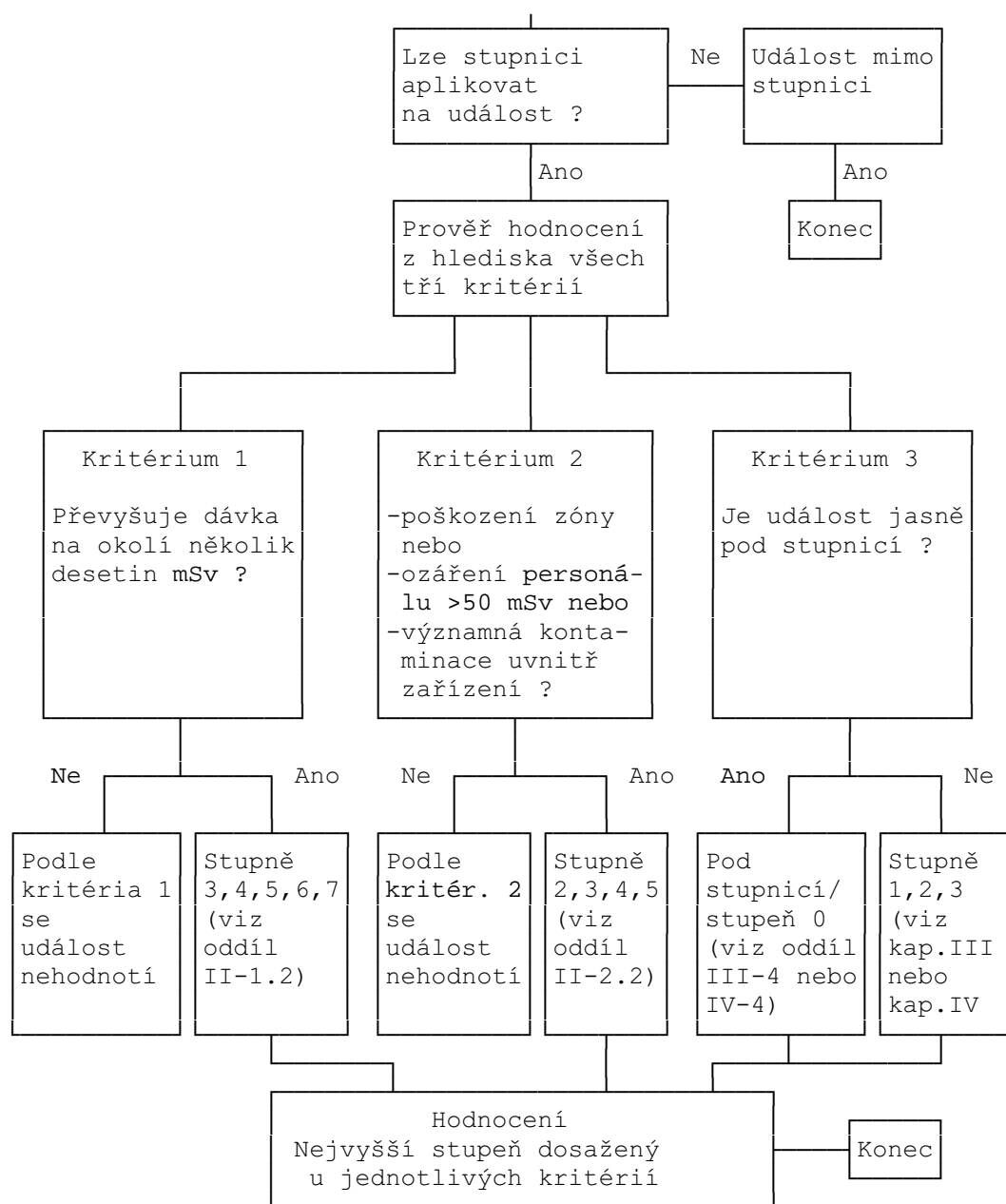
Radiační poškození je definováno stupni 4 nebo 5. Práh pro stupeň 4 je u energetických reaktorů definován takto : poškození více než přibližně 10% pokrytí paliva nebo jakékoliv tavení paliva anebo únik více než asi 0.1% inventáře zóny z palivových souborů. Pro ostatní zařízení je práh stupně 4 definován jako únik několika tisíc TBq aktivity z primárního kontejmentu, jež nemohou být zpět vráceny do uspokojivých skladovacích prostor.

Rozšíření kontaminace je definováno stupni 2 a 3. Prahem pro rozšíření kontaminace je přítomnost významného množství radioaktivity v místech zařízení, kde to projekt nepředpokládá, a jež vyžaduje nápravné akce. Významné množství by mělo být v tomto případě chápáno jako :

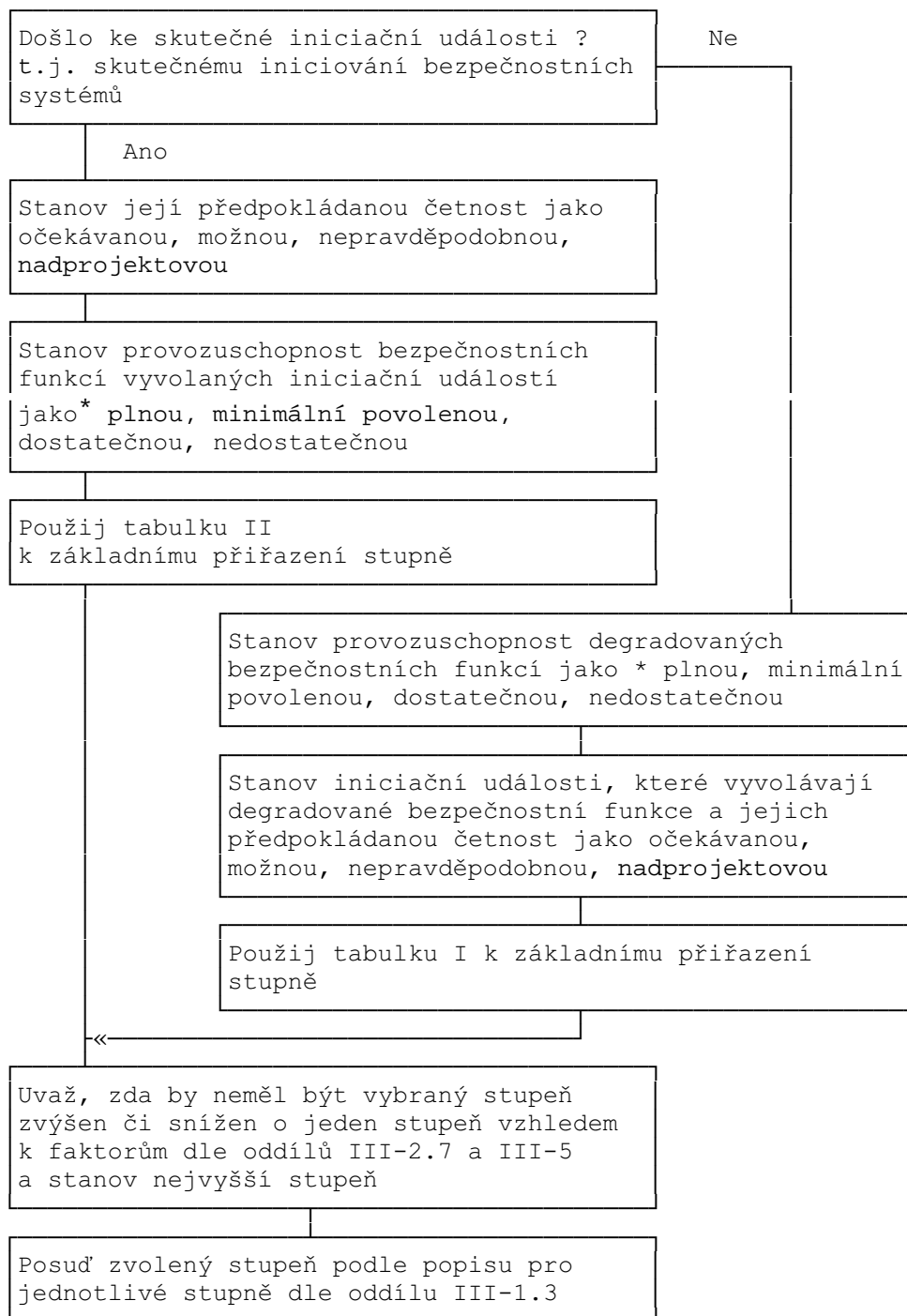
- (a) Kontaminace kapalinami o celkové aktivitě několika stovek GBq Ru 106.
- (b) Roztroušení tuhého radioaktivního materiálu o radiační aktivitě řádově několika stovek GBq Ru 106, přičemž kontaminace povrchů a vzduchu převyšuje 10x povolené limity pro kontrolované prostory.
- (c) Únik plyných radioaktivních materiálů uvnitř budovy o aktivitě řádově několika desítek GBq I 131.

Dávková zátěž zaměstnance je definována stupni 2 až 4. Prahovou hodnotou je dávka převyšující roční povolený limit.

Pokud není žádná z těchto prahových hodnot překročena, kritérium dopadu na zařízení se při hodnocení události neuvažuje. Události s nižší úrovní ozáření nebo kontaminace však mohou znamenat porušení provozních limitů nebo pravidel nebo mohou indikovat narušení kultury bezpečnosti. Takové události se hodnotí podle kritéria hloubkové ochrany a může jim být přiřazen stupeň 1 podle oddílů III-5. a IV-3. Samozřejmě by se měly současně zvážit i vyšší stupně podle kritéria dopadu na okolí zařízení nebo jiných aspektů kritéria hloubkové ochrany.



Obr.3 Obecný postup přiřazení stupně.



** Pokud není plně definována jednou z kategorií, použij hodnoty, jež by definovaly možný rozsah, a po posouzení přiřaď příslušný stupeň*

Obr.4 Postup přiřazení stupně dle kritéria hloubkové ochrany (použitelné pro reaktory na výkonu).

I-2.3. Kritéria hloubkové ochrany

Hodnotíme-li události podle kritéria hloubkové ochrany, kdy bezpečnostní opatření zabránila vzniku havárie, je nezbytné uvažovat dva významné faktory. Prvním jsou maximální následky, ke kterým by bylo mohlo dojít, pokud by bezpečnostní opatření selhala, a druhým je počet a spolehlivost bezpečnostních opatření, jež zůstaly k dispozici.

Události s potenciálními významnými následky na okolí nebo na samotné zařízení se hodnotí z hlediska hloubkové ochrany stupni 0 až 3 (viz obr.1). Detailní návod, jak hodnotit takové události podle výše uvedených principů je uveden v kapitolách III a IV a z praktických důvodů není uveden na tomto místě. K ilustraci obecného přístupu je na obr.4 uveden vývojový diagram pro hodnocení událostí u reaktorů na výkonu.

I-2.4. Ilustrativní příklad přiřazení stupně

Celkový postup (viz obr.3) může být ilustrován následujícím příkladem :

Díky porušení postupu je zaměstnanec vystaven havarijní dávce vyšší než je roční povolený limit, avšak nedojde k žádnému úniku do životního prostředí.

Aplikujeme-li daný postup, docházíme k následujícímu hodnocení:

- Kritérium 1: nehodnotí se (nulový únik radioaktivity do životního prostředí)
- Kritérium 2: stupeň 2 (havarijní dávka zaměstnance, způsobená událostí, převyšuje povolený roční limit)
- Kritérium 3: stupeň 1 (porušení postupů)

Vybíráme nejvyšší ze stupňů dosažených u jednotlivých kritérií, výsledným stupněm je tedy stupeň 2.

ČÁST II

KRITÉRIA DOPADU NA OKOLÍ A NA ZAŘÍZENÍ

II-1. DOPAD NA OKOLÍ JADERNÉHO ZAŘÍZENÍ

II-1.1. Obecný popis

Posuzuje-li se událost podle kritéria dopadu na okolí, vychází se ze skutečného radiačního vlivu na okolí zařízení. Ten může být vyjádřen množstvím uniklé aktivity nebo ozářením populace.

Je zřejmé, že u mnoha havárií nebude možné v krátké době přesně stanovit velikost úniku. Mělo by však být možné únik zhruba odhadnout a podle toho nehodě prozatímně přiřadit příslušný stupeň. Pokud následné zhodnocení rozsahu úniku vyvolá nutnost změny, je možné původní přiřazený stupeň přehodnotit.

Je žádoucí též respektovat, že rozsah činností po havárii není měřítkem pro hodnocení událostí. Podrobnosti havarijních plánů jaderných zařízení se u jednotlivých zemí liší a je také možné, že mohou být provedena preventivní opatření, i když reálná velikost úniku je přímo nevyžaduje. Proto by měl být stupeň přiřazen podle velikosti úniku a vyhodnocení dávky a ne podle havarijních opatření nebo záchranných akcí.

Pro přiřazení bylo vybráno pět stupňů, od stupně 7, kdy se uvolňuje velká část inventáře zóny velkého zařízení, ke stupni 3, kdy je dávková zátěž mimo elektrárnu číselně rovna asi desetina ročního dávkového limitu pro populaci.

U stupňů 3 a 4 se ke stanovení příslušného stupně užívá dávka nejvíce ozářených jedinců z populace.

U stupňů 5 až 7 se stupeň posuzuje podle množství uvolněné aktivity (v TBq I 131).

Důvodem odlišného přístupu je to, že v případě větších úniků jsou skutečné dávkové úvazky velmi závislé na realizovaných havarijních opatřeních.

Stupně byly v případě úniků stanoveny na základě odhadu, že dávky vyvolané únikem velikosti stupně 5 budou řádově 10x větší než dávky vyvolané únikem velikosti stupně 4 (berou-li se v úvahu havarijní opatření). Samozřejmě, že rozdíl mezi skutečným množstvím uniklé radioaktivity odpovídajícímu prahové hodnotě stupně 5 a množstvím odpovídajícímu minimálnímu úniku stupně 4 je víc než o řád větší.

Úniky radioaktivity do životního prostředí menší než úniky definované stupněm 3 jsou při hodnocení události z hlediska dopadu na okolí jaderného zařízení považovány za bezvýznamné.

II-1.2. Definice stupňů

Stupeň 7. Velký únik

Definice: Vnější únik o aktivitě několika desetitisíc TBq I 131 nebo více. Radiační ekvivalent je definován níže.

Znamená únik velké části inventáře zóny energetického reaktoru zahrnující směs radioaktivních štěpných produktů s krátkým i dlouhým poločasem rozpadu. Při takovém úniku jsou možné akutní zdravotní účinky a očekávají se pozdní zdravotní účinky na rozsáhlém území i několika států. Pravděpodobné jsou též dlouhodobé následky na životním prostředí .

Stupeň 6. Významný únik

Definice: Vnější únik o aktivitě řádově tisíc až desetitisíc TBq I 131.

U takového úniku je velmi pravděpodobná realizace havarijních plánů (ukrytí a evakuace), aby se omezily následky na zdraví obyvatel v zóně havarijního plánování.

Stupeň 5. Omezený únik

Definice: Vnější únik o aktivitě řádově stovek až tisíc TBq I 131.

V žádoucích případech budou částečně provedeny havarijní plány, např. lokální ukrytí a/nebo evakuace, aby se minimalizovala pravděpodobnost účinků na zdraví.

Stupeň 4. Malý únik

Definice: Vnější únik radioaktivity, v jehož důsledku je dávka nejvíce ozářených jedinců z okolí řádově několik mSv (jak definuje oddíl II-1.3).

V jednotlivých zemích může být toto kritérium vyjádřeno vztahem k ročnímu limitu výпустí schválenému státními úřady.

Potřeba havarijních opatření je nepravděpodobná s výjimkou možné lokální kontroly potravin. Přesto mohou být určitá opatření preventivně učiněna, aby se zabránilo další degradaci stavu zařízení. Stav zařízení se bere v úvahu při klasifikaci podle jiných kritérií (degradace hloubkové ochrany a dopad na zařízení).

Stupeň 3. Velmi malý únik

Definice: Nepovolený vnější únik radioaktivity, v jehož důsledku je dávka nejvíce ozářených jedinců řádově desetiny mSv (jak definuje oddíl II-1.3).

V jednotlivých zemích může být toto kritérium vyjádřeno vztahením k ročnímu limitu výpustí schválenému státními úřady.

Havarijní opatření nejsou nutná, přesto mohou být preventivně učiněna, aby se zabránilo další degradaci stavu zařízení. Stav zařízení se bere v úvahu při klasifikaci podle jiných kritérií (degradace hloubkové ochrany a dopad na zařízení).

II-1.3. Definice radiačního ekvivalentu a dávky

U stupňů 5 až 7 je pravděpodobné zavedení kontroly (zákazu) potravin a relativní radiační význam úniku do atmosféry by se tedy měl ocenit srovnáním efektivního dávkového úvazku od všech nuklidů z inhalace, z vnější dávky, od radioaktivního mraku a z dlouhodobého záření radioaktivních usazenin, t.j. všech cest kromě ingesce (pozření).

U stupňů 3 a 4 je kontrola potravin spíše nepravděpodobná, a relativní radiační význam úniku se tedy hodnotí srovnáním efektivního dávkového úvazku od všech příspěvků u kritické skupiny (nebere se v úvahu směr větru v době úniku).

Kapalné úniky, v jejichž důsledku je dávka u kritické skupiny mnohem vyšší než dávka odpovídající stupni 4, by měly být hodnoceny stupněm 5 nebo vyššími, ovšem přiřazení stupně záleží na konkrétním zařízení, a proto zde není uveden podrobný návod.

II-2. DOPAD NA JADERNÉ ZAŘÍZENÍ

II-2.1. Obecný popis

Posuzuje-li se událost podle kritéria účinků na elektrárnu, vychází se ze skutečného dopadu události bez ohledu na možné úniky do okolí či narušení hloubkové ochrany. Uvažuje se rozsah větších radiačních poškození, např. poškození zóny, rozptýl radioaktivních produktů uvnitř zařízení za bariéry stanovené projektem a úroveň dávek zaměstnanců.

Události s radiačním poškozením se hodnotí stupni 4 a 5, události s kontaminací stupni 2 a 3 a události s vysokými dávkami zaměstnanců stupni 2 až 4.

Je zřejmé, že nebude možné v krátké době stanovit přesnou povahu poškození a jeho následků. Mělo by však být možné zhruba odhadnout pravděpodobnost velkého či malého poškození a rozhodnout, zda se události prozatímne přiřadí stupeň 4 nebo 5. Je možné, že následné zhodnocení stavu zařízení vyvolá nutnost původní přiřazený stupeň přehodnotit.

Kritérium dopadu události na jaderné zařízení pod úrovní stupně 2 se neuvažuje. U těchto nižších stupňů se aplikuje pouze kritérium hloubkové ochrany.

II-2.2. Definice stupňů

Stupeň 5. Těžké poškození aktivní zóny nebo radiačních bariér

Za těžké poškození zóny energetického reaktoru lze považovat roztavení více než několika procent paliva nebo uvolnění více než několika procent inventáře zóny z palivových souborů. Nehody u jiných zařízení s velkým únikem radioaktivity uvnitř zařízení (srovnatelným s únikem při tavení zóny) a možným radiačním ohrožením okolí se také hodnotí stupněm 5. Příkladem jsou velké havárie s kritičností nebo velké požáry či výbuchy, při nichž se uvnitř zařízení uvolňuje velké množství aktivity.

Stupeň 4. Významné poškození aktivní zóny či radiačních bariér nebo smrtelná dávka zaměstnanců

Do tohoto stupně zařazujeme havárie s částečným poškozením jaderného zařízení, které nepředstavují vážnější ohrožení radiační bezpečnosti pro okolí zařízení, u nichž však mohou nastat velké problémy při odstraňování následků. Mezi takové havárie lze zahrnout částečné poškození zóny a ekvivalentní události na jiných typech zařízení. Ačkoliv je zde uveden výklad, obecně platí pravidlo rozdílu o jeden řád mezi následujícími stupni stupnice.

- Za částečné poškození zóny energetického reaktoru lze považovat jakékoliv tavení paliva nebo uvolnění více než asi 0.1% inventáře zóny z palivových souborů.
- Ekvivalentem pro jiný typ zařízení je událost, kdy se uvolňuje několik tisíc TBq aktivity z primárního kontejnmentu** a nemůže být vráceno zpět do přijatelných skladovacích prostor.
- Události, při nichž jsou jeden nebo více zaměstnanců ozáření nadměrnou dávkou způsobující s vysokou pravděpodobností časné úmrtí (asi 5 Gy).

Stupeň 3. Značný rozptyl kontaminace a/nebo překročení povoleného limitu ozáření zaměstnanců vedoucí k akutním zdravotním následkům

- Události s vnějším ozářením jednoho nebo více zaměstnanců, jež vede k akutním zdravotním následkům (např. celotělová dávka velikosti řádově 1 Gy a dávky na povrch těla o velikosti řádově 10 Gy).
- Události s dávkovou rychlostí nebo stupněm kontaminace schopnými způsobit překročení povoleného dávkového limitu pro zaměstnance v časovém intervalu asi 1 hod, události s rozsáhlým zamořením vzduchu v provozních prostorách 2000x vyšším než je odvozená koncentrace (uvažuje se pracovní rok s 2000 hod).
- Události s dávkovou rychlostí gama a neutronů větší než 50 mSv za hodinu v provozních prostorách zařízení (dávková rychlost měřena ve vzdálenosti 1m od zdroje).
- Události, kdy se uvolňuje několik tisíc TBq aktivity do sekundárního kontejnmentu**, odkud může být materiál zpětně vrácen do uspokojivých skladovacích prostor.

**V tomto kontextu se termíny primární, sekundární kontejnment týkají radioaktivních materiálů u jiných typů zařízení než jsou energetické reaktory a neměly by být zaměňovány s podobnými termíny užívanými pro kontejnmenty reaktorů.

Stupeň 2. Velký rozptyl kontaminace a/nebo překročení povoleného limitu ozáření zaměstnanců

- Události, při nichž je zaměstnanec vystaven dávce překračující roční povolený dávkový limit.
- Události, při nichž se v zařízení uvolňuje významné množství radioaktivity do míst, kde to projekt nepředpokládal (viz níže), a jež vyžadují nápravná opatření. Významné množství v tomto případě představuje:
 - (a) Kontaminace kapalnými látkami o celkové aktivitě řádově několika stovek GBq Ru 106.
 - (b) Roztroušení tuhého radioaktivního materiálu o aktivitě řádově několika stovek GBq Ru 106, přičemž kontaminace povrchů a vzduchu přesahuje 10x povolené limity pro kontrolované prostory.
 - (c) Únik plynných radioaktivních materiálů uvnitř budovy o aktivitě řádově několika desítek GBq I 131.

II-2.3. Definice "míst nepředpokládaných projektem"

Jsou to ta místa, u nichž projektová dokumentace nepředpokládala takovou úroveň kontaminace, k níž fakticky došlo.

ČÁST III

KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY

PRO REAKTORY

III-1. OBECNÝ POPIS

III-1.1. Celkové pojetí

Dobrý projekt a provoz je základem pro to, aby u jaderného zařízení nedošlo k radiačním haváriím a nehodám, t.j. bylo bezpečné. Princip hloubkové ochrany je obecně aplikován na oba tyto aspekty, přičemž se připouští možnost poruchy zařízení, lidské chyby a výskyt neplánovaných dějů.

Definice hloubkové ochrany podle publikace č.75-INSAG-3 bezpečnostní série MAAE "Základní bezpečnostní principy pro jaderné elektrárny" může být použita pro všechna jaderná zařízení a transport radioaktivních materiálů. Definice konstatuje:

"Princip hloubkové ochrany je určen ke kompenzování možných lidských chyb a mechanických poruch, spočívá v několika úrovních ochrany se zahrnutím posloupnosti bariér, jež brání úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Princip zahrnuje ochranu bariérami, aby se odvrátilo poškození elektrárny a ochranu bariér samotných. Zahrnuta jsou i další opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí v případě, že tyto bariéry nejsou plně účinné".

Hloubková ochrana je tedy kombinací konzervativního projektu, zajištění jakosti, kontrolních činností, zmírňujících opatření a obecně kultury bezpečnosti, která každou z postupujících zábran činí odolnější. Schopnost zabránit haváriím a nehodám je založena na dobrém provozním přístupu (prevence poruch), na zajištění jakosti (ověření, zda bylo dosaženo projektového a provozního záměru), na kontrolní činnosti (detekce degradace nebo poruch během provozu) a na krocích, které zajistí že se malá porucha nebo zárodečná vada nevyvine v závažnější situaci.

Každé narušení hloubkové ochrany by mělo být pečlivě kontrolováno a jeho důsledky hodnoceny. Fakt, že zbývá několik komponent hloubkové ochrany, nesmí být nikdy důvodem pokračování provozu, je-li jedna komponenta hloubkové ochrany nefunkční.

Bezpečný provoz je udržován následujícími *bezpečnostními funkcemi* :

- řízení reaktivity
- dostatečné chlazení radioaktivních materiálů
- fyzická izolace radioaktivních materiálů

Každá z těchto bezpečnostních funkcí je zajišťována *bezpečnostními systémy*, buď pasivními či aktivními (nebo administrativními kontrolami), které jsou obvykle zálohované a jejichž provozuschopnost se kontroluje podle provozních limitů a podmínek.

Klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany závisí na tom, zda byly vyvolány bezpečnostní funkce a na provozuschopnosti bezpečnostních systémů. K hodnocení se užívají dvě základní metody.

První metoda je vhodná, je-li seznam iniciačních událostí součástí bezpečnostních analýz. Pak je možné hodnotit dostatečnost bezpečnostních systémů, jež se mají vyrovnat s iniciačními událostmi. Přiřazení stupně je závislé na provozuschopnosti bezpečnostních systémů, na tom, zda iniciační událost nastala nebo ne a na předpokládané pravděpodobnosti výskytu iniciační události. Tato metoda se užívá zejména při hodnocení poruch při výkonu, kde provozní limity a podmínky specifikují minimální požadavky na bezpečnostní systémy, má-li být reaktor dále na výkonu. Postup této metody ukazuje obr.2.

Druhá metoda je vhodná tehdy, berou-li se při hodnocení v úvahu systémy a kontroly, jež mají zabránit nehodám. Jsou to obecně případy, kdy je pro nápravnou akci dostatek času, např. poruchy se ztrátou chlazení odstaveného bloku, a je často obtížné oddělit iniciační událost od zhodnocení provozuschopnosti bezpečnostních systémů. Systém bezpečnosti při takových poruchách spíše spočívá v administrativních kontrolách, než v rychločinném automatickém bezpečnostním systému, jako je tomu u poruch na výkonu. Při hodnocení takových událostí podle INES stupnice se bere v úvahu počet bezpečnostních zábran, jejichž funkčnost byla narušena a počet těch, které zbyvají, a dále potenciální závažnost události.

Tyto dva přístupy jsou podrobněji popsány v následujících oddílech.

INES stupnice užívá při hodnocení události podle kritéria degradace hloubkové ochrany tři stupně, přičemž přiřazení stupně odráží rozsah narušení bezpečnostních opatření.

III-1.2. Doplnující faktory

Bezpečnostní systémy, které zajišťují bezpečnostní funkce, musí mít vysokou spolehlivost, jsou zálohovány a někdy diversifikovány. Nicméně existují určité aspekty, díky jimž mohou být současně uvedeny v činnost různé bezpečnostní zábrany hloubkové ochrany.

Mezi hlavní faktory, jež by mohly ohrozit celou hloubkovou ochranu anebo přinejmenším její část, patří:

- poruchy se společnou příčinou
- nedostatečné postupy
- nedostatky v kultuře bezpečnosti

Těmto faktorům věnována zvláštní pozornost, viz oddíl III-5.

III-1.3. Ověření přiřazeného stupně

Je důležité srovnat vybraný stupeň s obecnými definicemi jednotlivých třech stupňů, a tím si potvrdit jeho správné přiřazení:

stupeň 0: bez bezpečnostního významu

stupeň 1: odchylka od povolených provozních režimů

stupeň 2: nehody s významným narušením bezpečnostních opatření

stupeň 3: nehoda blízka havárii - hloubková ochrana zcela narušena

III-2. POSTUP ZALOŽENÝ NA INICIAČNÍCH UDÁLOSTECH A BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMECH

(použitelný zvláště pro události u reaktorů na výkonu)

III-2.1. Typy událostí

Události, při nichž dojde k degradaci hloubkové ochrany elektrárny, budou obecně dvojího typu:

- buď nastane iniciátor (iniciační událost), který vyvolá předpokládané poruchové stavy nebo havarijní podmínky a následně si vyžádá provoz některých zvláštních bezpečnostních systémů, jež se mají podle projektu s následky vypořádat
- nebo dojde k degradaci bezpečnostní funkce v důsledku degradace jednoho nebo více bezpečnostních systémů, aniž by nastala iniciační událost, při které mají dané bezpečnostní systémy zapracovat.

V prvním případě je iniciační událost provozním procesem s odchýlením od normálního provozu, který uvádí v činnost jakoukoliv z bezpečnostních funkcí. Klasifikace události bude tedy hlavně záležet na rozsahu degradace bezpečnostní funkce. Závažnost bude však také záviset na předpokládané četnosti jednotlivých iniciačních událostí a jejich možných následcích v případě poruchy bezpečnostních systémů.

V druhém případě k žádné odchylce od normálního provozu nedochází, ale zjištěná degradace bezpečnostní funkce by mohla vést k významným následkům, pokud by nastala jedna z iniciačních událostí, při nichž mají degradované bezpečnostní systémy zasáhnout. V takovém případě závažnost události závisí na:

- předpokládané četnosti potenciální iniciační události
- možných následcích potenciální iniciační události, jestliže je plnění bezpečnostní funkce nedostatečné
- plnění návazných bezpečnostních funkcí zajišťovaných provozuschopností zvláštních bezpečnostních systémů.

Je třeba říci, že některá zvláštní událost by mohla být zařazena do obou skupin případů.

III-2.2. Definice kategorie iniciačních událostí

III-2.2.1. Iniciační události v bezpečnostních analýzách

Iniciační události se užívají v bezpečnostních analýzách k hodnocení dostatečnosti instalovaných bezpečnostních systémů: iniciační událost je provozní stav, při kterém se uvádí v činnost bezpečnostní systémy a vyžaduje se jejich funkce. V praxi se může iniciační událost lišit od příčiny, která odstartuje událost, na druhé straně může být množství různých sekvencí události zařazeno pod jedinou iniciační událost.

Iniciační události jsou seskupené sekvence událostí, které mohou mít vliv na bezpečnost elektrárny a kterých se používá v bezpečnostních analýzách k návrhu bezpečnostních systémů.

Bezpečnostní analýzy definují seznam bezpečnostních systémů, jež mají zasahovat při každé iniciační události a prověřují jejich dostatečnost pomocí analýz spolehlivosti a přechodových procesů.

Pro každý projekt reaktoru je sestaven seznam iniciačních událostí a každá z nich je zařazena do příslušné kategorie četnosti. Pro tento účel byly vybrány čtyři různé kategorie četnosti:

- očekávaná
- možná
- nepravděpodobná
- nadprojektová

Hodnocení události podle kritéria hloubkové ochrany se opírá o výskyt či možný výskyt iniciační události a stav bezpečnostních systémů, který je nutný pro zachování celistvosti bariér. Stav bezpečnostních systémů nezahrnuje jen funkčnost systémů, ale také dodržení provozních postupů.

III.2.2.2. Frekvence iniciačních událostí

Bezpečnostní analýzy elektrárny stanovují iniciační události a zařazují je do různých kategorií četností.

Každá elektrárna má svůj vlastní seznam a klasifikaci iniciačních událostí. Avšak při přiřazování stupňů INES lze spektrum normálního provozu, předpokládaných poruchových stavů a havarijních podmínek rozdělit do následujících kategorií četností:

(1) Očekávaná

Zahrnuje předpokládané poruchové stavy, t.j. události, k nimž podle předpokladů dojde jednou nebo vícekrát během doby životnosti elektrárny.

(2) Možná

Události, které nejsou očekávané, ale jejich předpokládaná četnost za dobu životnosti elektrárny je větší než asi 1% (t.j. zhruba 3×10^{-4} za rok)

(3) Nepravděpodobná

Iniciační události zahrnuté v projektu elektrárny, které jsou méně pravděpodobné než u předchozích kategorií

(4) Nadprojektová

Iniciační události o velmi nízké četnosti, které nejsou normálně součástí konvenčních bezpečnostních analýz elektrárny.

Pokud jsou pro případ těchto iniciačních událostí zavedeny ochranné systémy, nemusí mít nezbytně stejný stupeň zálohování a diversity jako opatření proti základním projektovým nehodám.

Typické příklady základních projektových iniciátorů rozdělených do výše zmíněných kategorií jsou uvedeny v dodatku.

III-2.2.3. Identifikace iniciačních událostí

Hodnotíme-li událost, je nezbytné identifikovat iniciační události, pokud je pro danou událost lze nalézt.

Vliv těch událostí, které jsou zvládnuty řídicími systémy, není zahrnut mezi iniciátory.

U mnoha událostí se musí brát v úvahu více než jedna iniciační událost, z nichž každé bude přiřazen určitý stupeň. Celkově bude události přiřazen nejvyšší stupeň ze všech stupňů pro jednotlivé iniciátory.

Např. náhlý puls (exkurze) výkonu reaktoru by mohl být iniciační událostí, která vyvolá ochrannou funkci. Správným fungováním ochranného systému by se měl následně odstavit reaktor. Odstavení reaktoru je nutné považovat za iniciační událost, jež vyvolá funkci "chlazení paliva". Např. v příkladu 5 (oddíl III-6) nastala jako první událost porucha napájení přístroje. To způsobilo ztrátu napájení u jednoho výparníku, ale přímo neuvedlo v činnost bezpečnostní systémy. Událost se tedy nepovažuje za iniciační událost. Přechodový proces, který následoval, uvedl v činnost ochranný systém, a lze ho tedy označit za iniciační událost. Avšak výskyt takových přechodových procesů se předpokládá a plnění bezpečnostní funkce (t.j. spolehlivost ochranného systému), bylo úplné, a tak se přiřadí stupeň 0 nebo 1. Pozdější odstavení reaktoru si vyžádalo uvedení všech chladících funkcí (následujících po odstavení) do provozu, což je také iniciační událost. Jak je vysvětleno v příkladě, právě díky tomuto iniciátoru byl události přiřazen stupeň 2.

III-2.3. Plnění bezpečnostních funkcí

Tři základní bezpečnostní funkce jsou:

- (a) řízení reaktivity a podmínek procesu
- (b) chlazení radioaktivních materiálů
- (c) fyzické oddělení radioaktivních materiálů

Tyto funkce mohou být zajišťovány pasivními systémy (např. fyzické bariéry) a aktivními systémy (např. systém ochran reaktoru).

K plnění určité bezpečnostní funkce může přispívat několik bezpečnostních systémů a funkce může být plněna dokonce i v případě, že jeden systém je neprovozuschopný. Dále pak bude pro zajištění plnění funkce vyžadována činnost podpurných systémů jako např. elektrického napájení, chlazení a přístrojového napájení.

Je důležité, že při hodnocení události se uvažuje *schopnost plnit bezpečnostní funkci a ne provozuschopnost individuálního systému*. Limity a podmínky provozu (LaP) stanoví provozuschopnost každého bezpečnostního systému.

Plnění bezpečnostních funkcí se může u jednotlivých iniciačních událostí pohybovat mezi stavem, kdy všechny komponenty bezpečnostních systémů, určené k plnění dané funkce, jsou plně provozuschopné a stavem, kdy provozuschopnost komponent je pro splnění funkce nedostačující. Při hodnocení událostí se uvažují čtyři stupně plnění funkce.

A. Úplné

Všechny bezpečnostní systémy a komponenty, které se mají podle projektu vyrovnat s jednotlivými iniciačními událostmi tak, aby omezily jejich následky, jsou plně schopné provozu (tzn. redundance (záloha) a diversita (různorodost) jsou k dispozici).

B. Minimální dle požadavků LaP

Je to *minimální provozuschopnost bezpečnostních systémů, jež zabezpečují plnění požadované bezpečnostní funkce, specifikované v limitech a podmínkách provozu, při níž je povolen další provoz na výkonu (třeba i jen po určitou dobu).*

Tento stupeň provozuschopnosti bude obecně odpovídat minimální provozuschopnosti různých bezpečnostních systémů, jimiž může být dosaženo plnění bezpečnostní funkce pro všechny iniciační události uvažované v projektu. Pro určité zvláštní iniciační události může však být redundance a diversita nadále zachována.

C. Dostatečné

Stupeň provozuschopnosti bezpečnostních systémů, jež mají plnit požadovanou bezpečnostní funkci, je dostačující, jednotlivé bezpečnostní funkce pro uvažované iniciační události jsou plněny. U některých bezpečnostních systémů může být stupeň provozuschopnosti nižší než stupeň požadovaný limity a podmínkami provozu. Bude to např. tehdy, je-li bezpečnostní funkce u jednotlivých iniciačních událostí zajišťována různými (diversními) bezpečnostními systémy, nebo tehdy, budou-li všechny bezpečnostní systémy zajišťující bezpečnostní funkci mimo provoz po tak krátkou dobu, že bezpečnostní funkce je ještě zajištěna jinými prostředky.

(Bezpečnostní funkce "chlazení paliva" může být zajištěna, pokud úplný výpadek sítě trvá pouze krátkou dobu). V jiných případech mohou být stupně B a C stejné.

D. Nedostatečné

Degradace provozuschopnosti bezpečnostních systémů je taková, že bezpečnostní funkce nemůže být pro uvažovanou iniciační událost plněna.

Je třeba si všimnout, že ačkoliv stupně C a D reprezentují škálu stavů elektrárny, stupně A a B reprezentují specifické úrovně provozuschopnosti. Skutečný stav

provozoschopnosti se může pohybovat mezi stupni A a B, t.j. provozuschopnost může být menší než plná a větší než minimální povolená pro další provoz na výkonu. Viz oddíly III-2.4 a III-2.5.

III-2.4. Přiřazení stupňů událostem (odvození tabulek I a II)

Vhodným měřítkem degradace hloubkové ochrany by byla podmíněná pravděpodobnost havárie, za podmínky, že se událost vyskytla. To by však vyžadovalo podrobnou PSA studii (studii pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti - Probabilistic safety Assessment), která však nemusí být u každé elektrárny k dispozici, ani by nebylo praktické použít tuto techniku v požadovaném krátkém časovém termínu. Navíc existují ještě další faktory jako např. nedostatky v kultuře bezpečnosti, které nemusí být nutně zahrnuty v PSA. Použitý přístup má odrážet metody PSA, aniž by bylo třeba podrobných analýz.

Následující diskuse se týká jaderných zařízení, která by mohla být vystavena potenciálním událostem s rozsáhlými radiačními následky. U zařízení s nižšími maximálními následky v okolí se při klasifikaci události podle kritéria hloubkové ochrany užívá postupu popsaného v oddíle III-3.

III-2.4.1. Nehody s degradací bezpečnostních systémů bez iniciační události (odvození tabulky I)

Klasifikace nehody bude záležet především na rozsahu *degradace bezpečnostních funkcí a pravděpodobnosti iniciační události*, při níž je dané funkce třeba zabezpečit. V přesném slova smyslu je to pravděpodobnost výskytu iniciační události během doby, kdy je bezpečnostní funkce degradována, neboť doba neprovozoschopnosti se u jednotlivých poruch bude lišit. Pokud bude doba neprovozoschopnosti velmi krátká, je možné události přiřadit nižší stupeň než uvádí tab.I.

Pokud je provozuschopnost požadované bezpečnostní funkce nedostatečná (nezáleží na tom, zda právě nedostatečná nebo velmi nedostatečná), potom by bylo nehodě zabráněno jenom proto, že nedošlo k iniciační události. Takovým nehodám, kdy by byla vyžadována bezpečnostní funkce pro očekávané iniciační události (t.j. iniciační události, jejichž výskyt se očekává 1x nebo vícekrát za životnost elektrárny) se přiřazuje stupeň 3. Pokud je bezpečnostní funkce (momentálně nedostatečná) vyžadována pouze pro možné nebo nepravděpodobné iniciační události, potom bude samozřejmě přiřazený stupeň nižší, neboť pravděpodobnost nehody je daleko nižší. Z těchto důvodů je v tab.I možným iniciačním událostem přiřazen stupeň 2 a nepravděpodobným iniciačním událostem stupeň 1.

TABULKA I. KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI PRO DEGRADACI HLOUBKOVÉ OCHRANY BEZ INICIAČNÍ UDÁLOSTI			
Plnění bezpečnostní funkce	Četnost iniciační události/ Pravděpodobnost iniciační události		
	1	2	3
	Vysoká Očekávaná	Střední Možná	Nízká Nepravdě- podobná
A Úplné	0	0	0
B V rozsahu limitů a podmínek provozu	0	0	0
C Dostatečné	1/2	1	1
D Nedostatečné	3	2	1

TABULKA II. KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI PRO DEGRADACI HLOUBKOVÉ OCHRANY S INICIAČNÍ UDÁLOSTÍ			
Plnění bezpečnostní funkce	Četnost iniciační události/ Pravděpodobnost iniciační události		
	1	2	3
	Vysoká Očekávaná	Střední Možná	Nízká Nepravdě- podobná
A Úplné	0	1	2
B V rozsahu limitů a podmínek provozu	1/2	2/3	2/3
C Dostatečné	2/3	2/3	2/3
D Nedostatečné	3+	3+	3+

Vybraný stupeň by měl být nižší, když je bezpečnostní funkce adekvátní než když je neadekvátní. Tedy jestliže je funkce požadována pro očekávané iniciační události a provozuschopnost je na hranici dostatečnosti, potom se událost hodnotí stupněm 2. Avšak v mnoha případech může být schopnost plnit bezpečnostní funkci znatelně větší než právě dostatečná, ale již ne v rozsahu limitů a podmínek provozu. Je to proto, že minimální provozuschopnost požadovaná v LaP často v sobě ještě zahrnuje nějaké zálohování a/nebo diversitu, které by čelily očekávaným iniciačním událostem. Tyto případy se spíše hodnotí stupněm 1. Proto je v tab.I možná volba mezi stupni 1 a 2. Výběr příslušné hodnoty je závislý na zbývajícím zálohování a/nebo diversitě.

Jestliže je bezpečnostní funkce vyžadována pro možné nebo nepravděpodobné iniciační události, potom se redukcí hodnoty odvozené pro nedostatečný systém (viz výše) o jeden stupeň dojde ke stupni 1 pro možné iniciační události a ke stupni 0 pro méně pravděpodobné iniciační události. Avšak nepovažuje se za vhodné klasifikovat stupněm 0 snížení provozuschopnosti bezpečnostního systému pod úroveň požadovanou limity a podmínkami provozu. Jedna důležitá část hloubkové ochrany (redundantní bezpečnostní systém) byla vyřazena. Proto je v tab.I přiřazen stupeň 1 jak pro možné tak i pro nepravděpodobné iniciační události.

Pokud je schopnost plnit bezpečnostní funkci v rozsahu limitů a podmínek, elektrárně je zachována její vlastní bezpečnost a pro všechny četnosti iniciačních událostí je vhodný stupeň 0 (viz tab.I).

III-2.4.2. Nehody se skutečnou iniciační událostí

(odvození tabulky II)

Zde bude hodnocení záviset zejména na *plnění bezpečnostních funkcí*, ale pro konsistenci je užitá stejná forma tabulky jako pro události bez skutečných iniciačních událostí.

Je zřejmé, že v případě nedostatečné bezpečnostní funkce dojde k havárii, a tu lze hodnotit podle kritéria 1 či 2 (účinky na okolí nebo na elektrárnu). Avšak z hlediska hloubkové ochrany je stupeň 3 nejvyšší možnou kategorií. Značně zredukovaná rezerva do havarijních podmínek je vyjádřena v tab.II stupněm 3+.

Pokud je bezpečnostní funkce právě dostatečná, volí se opět stupeň 3, neboť další porucha by mohla vést k havárii. Jak je však uvedeno v předcházejícím oddíle, plnění bezpečnostních funkcí může být těsně za hranicí požadovanou limity a podmínkami provozu, t.j. značně větší než jen právě dostatečné, zvláště pro očekávané iniciační události. Proto jsou v tab.II pro očekávané iniciační události a dostatečné bezpečnostní funkce uvedeny hodnoty 2/3 a volí se jedna z nich podle toho, do jaké míry je provozuschopnost větší než dostatečná. Pro nepravděpodobné iniciační události je provozuschopnost požadovaná limity a podmínkami provozu přibližně na hranici dostatečnosti a obecně se tedy hodnotí stupněm 3 jako u dostatečné provozuschopnosti. Mohou se však vyskytovat zvláštní iniciační události, kdy je k dispozici zálohování, a proto jsou v tab.II uvedeny hodnoty 2/3 pro všechny četnosti iniciačních událostí.

Pokud je provozuschopnost (plnění) bezpečnostní funkce úplná a dojde k očekávané iniciační události, měla by se situace hodnotit stupněm 0 (viz tab.II). Avšak výskyt možných či nepravděpodobných iniciačních událostí, i přes možné značné zálohování bezpečnostních systémů, znamená porušení jedné z důležitých částí hloubkové ochrany, konkrétně prevence proti iniciačním událostem. Z těchto důvodů tab.II uvádí stupeň 1 pro možné iniciační události a stupeň 2 pro nepravděpodobné.

Pokud je plnění bezpečnostních funkcí minimální požadované limity a podmínkami provozu, potom v mnoha případech, pro možné a zvláště pro nepravděpodobné iniciační události, není k dispozici další zálohování (jak již bylo uvedeno). Proto je možná volba mezi stupni 2/3 podle zbývajících zálohování. Pro očekávané iniciační události bude k dispozici dodatečné zálohování, a proto je navrhováno hodnocení nižším stupněm. Tab.II uvádí stupně 1/2, kde by volba měla opět záviset na dodatečném zálohování bezpečnostních funkcí. Pokud je plnění bezpečnostní funkce

větší než minimální požadované limity a podmínkami provozu, ale menší než úplné, potom může být pro očekávané iniciační události k dispozici značné zálohování a diversita. V takových případech se spíše volí stupeň 0.

III-2.5. Použití tabulek

Chceme-li provést základní hodnocení podle tabulek I a II, je třeba postupovat podle následujícího postupu:

V prvé řadě rozhodnout, zda byly skutečně vyvolány v činnost bezpečnostní systémy (skutečná iniciační událost). Pokud ne, užije se tab.I, v případě, že ano, tab.II. Někdy bude možná nutné hodnotit událost podle obou tabulek, a to v případě, že došlo ke skutečné iniciační události a dále vyjde najevo snížené plnění funkce, jež nebyla vyvolána skutečnou iniciační událostí, např. pokud při havarijním odstavení reaktoru bez výpadku vnější sítě vyjde najevo snížení provozuschopnosti dieslů.

III-2.5.1. Použití tabulky I

Události, jež se hodnotí podle této tabulky, souvisí s *neprovozeroschopností některé komponenty*, jež přispívá k plnění bezpečnostní funkce, přičemž *bezpečnostní funkce nebyla ve skutečnosti vyvolána* iniciační událostí. Prvním krokem je tedy zařadit plnění bezpečnostní funkce do vhodného řádku tab.I.

V praxi mohou být bezpečnostní systémy nebo komponenty v takovém stavu, pro který se zcela nehodí ani jeden ze čtyř řádků. Např. provozuschopnost může být menší než úplná, ale větší než minimální požadovaná provozními limity a podmínkami nebo může být celý systém k dispozici, avšak degradovaný ztrátou indikací. V takových případech odpovídající řádky stanoví možné rozpětí stupňů a konkrétní stupeň se vybere po důkladném posouzení.

Pokud je provozuschopnost právě dostačující, ale ještě v rozmezí limitů a podmínek provozu, užívá se řádka B.

Druhým krokem je určit četnost iniciační události, pro kterou je bezpečnostní funkce vyžadována, t.j. určit příslušný sloupec tab. I. Pokud připadá v úvahu více než jedna iniciační událost, potom musí být uvažována každá z nich. Hodnotí se podle nejvyššího dosaženého stupně. Pokud četnost leží na hranici mezi dvěma sloupci, výběr patřičného sloupce se provede po náležitém posouzení.

Je-li možný výběr stupňů, měl by být založen na míře zálohování a diversity, jež je pro uvažovanou iniciační událost k dispozici (viz oddíl III-2.4).

III-2.5.2. Použití tabulky II

Podle této tabulky se hodnotí události, při kterých *iniciační událost* nastala, t.j. byla *vyvolána funkce bezpečnostních systémů*.

Prvním krokem je tedy stanovit četnost, jakou u daného typu iniciační události očekával projekt, t.j. vybrat příslušný sloupec v tab.II. Vybíráme-li příslušný sloupec, uvažujeme předpokládanou četnost nebo odpovídající příklady stavu elektrárny. Některé příklady jsou uvedeny v příloze.

Druhým krokem je ohodnotit plnění bezpečnostních funkcí, jež jsou vyvolány iniciační událostí, t.j. vybrat příslušnou řádku v tab.II. Je důležité, že se uvažují jen ty bezpečnostní funkce, jež byly vyvolány iniciační událostí. Pokud jsou objeveny nedostatky u jiných bezpečnostních systémů, měly by být hodnoceny podle tab.I ve vztahu k iniciačním událostem, jež by mohly vyžadovat danou bezpečnostní funkci. Je také důležité si všimnout, že se řádka B nejdříve odvolává na požadavky na provozuschopnost (pohotovost), a pak teprve na událost, ne obráceně. Pokud je provozuschopnost v rozmezí provozních limitů a podmínek, ale zároveň právě dostačující, užije se řádka C.

Je-li možný výběr stupňů, měl by být založen na míře zálohování a diversity, jež je pro uvažovanou iniciační událost k dispozici (viz oddíl III-2.4).

III-2.6. Nadprojektové iniciační události

Nadprojektové iniciační události nejsou v tab.I a II zvláště zahrnuty. Dojde-li k takové iniciační události, pak se podle kritéria hloubkové ochrany přiřadí stupeň 2 nebo 3 podle zálohování ochranných systémů. Může se však stát, že nadprojektové iniciační události povedou k havárii, která bude hodnocena podle kritérií dopadu na okolí a dopadu na elektrárnu.

Nevyskytne-li se nadprojektová iniciační událost, ale plnění požadované bezpečnostní funkce je menší než minimální požadované limity a podmínkami provozu, přiřadí se stupeň 1. Je-li plnění funkce větší než minimální požadované provozními limity a podmínkami (L a P) anebo L a P nijak nelimitují provozuschopnost systému, přiřadí se stupeň 0.

III-2.7. Doplnující faktory

Stupně v tabulkách mají ukázat, jak by asi měla být obecně událost hodnocena. Tento stupeň může být zvýšen nebo snížen v závislosti na řadě faktorů.

Uvažuje-li se o snížení stupně, musí být vedeno v patrnosti, že některé faktory již byly zahrnuty při výběru základního stupně. Mezi další faktory, jež je třeba při snižování stupně uvážit, patří:

- čas, který je k dispozici na vykonání nápravné akce porovnaný s časem, potřebným na spolehlivé provedení této akce (bere se v úvahu přístupnost odpovídajících komponent)
- čas, po který trvala neprovozuschopnost (klasifikaci je možné snížit o jeden stupeň, pokud neprovozuschopnost trvala velice krátce ve srovnání s časovým intervalem testů komponenty daného bezpečnostního systému)

Faktory, jež se uvažují při případném zvýšení stupně jsou diskutovány v oddíle III-5.

Vzhledem k tomuto zvýšení stupně se může stát, že událost bude hodnocena stupněm 1, aniž by měla bezpečnostní význam (neuvažují-li se při původním hodnocení zmíněné doplňující faktory). Dále je třeba poznamenat, že po zohlednění všech přidavných faktorů může být přiřazený stupeň zvýšen nebo snížen pouze o jeden stupeň a že nejvyšší možný stupeň je u kritéria hloubkové ochrany stupeň 3.

Některé ze zmíněných faktorů mohou již být zahrnuty v základním hodnocení, např. porucha se společnou příčinou. Proto je důležité, aby tyto poruchy *nebyly započítány dvakrát*.

Než se ukončí výběr stupně, je důležité srovnat vybraný stupeň s jeho obecnou definicí, aby se zkontrolovala koherence, např. stupeň 3 má být přiřazen takovým nehodám, při kterých by další porucha (ať očekávaná iniciační událost nebo další porucha komponenty) vedla k havárii.

III-2.8. Strukturální vady

Program kontrol má identifikovat vady před tím, než by jejich velikost vzrostla nad únosnou mez. Pokud je velikost vady pod touto mezí, přiřazuje se stupeň 0.

Pokud je vada větší než stanovuje program kontrol, je třeba při hodnocení defektu brát v úvahu dva faktory.

Za prvé bezpečnostní význam defektní komponenty by měl být určen za předpokladu, že by vada vedla k poruše komponenty.

- (a) Pokud je vada na bezpečnostním systému, pak se v tab.I užije horní limit základního hodnocení. Bude možná také třeba uvažovat možnost poruchy se společnou příčinou.
- (b) Je-li vada na komponentě, jejíž porucha by mohla vést k iniciační události, pak se v tab.II užije horní hodnota základního hodnocení.

Základní hodnocení by pak mělo být případně pozměněno podle pravděpodobnosti, že vada by mohla vést k poruše komponenty (v důsledku vady) a po zvážení doplňujících faktorů (viz oddíl III-5).

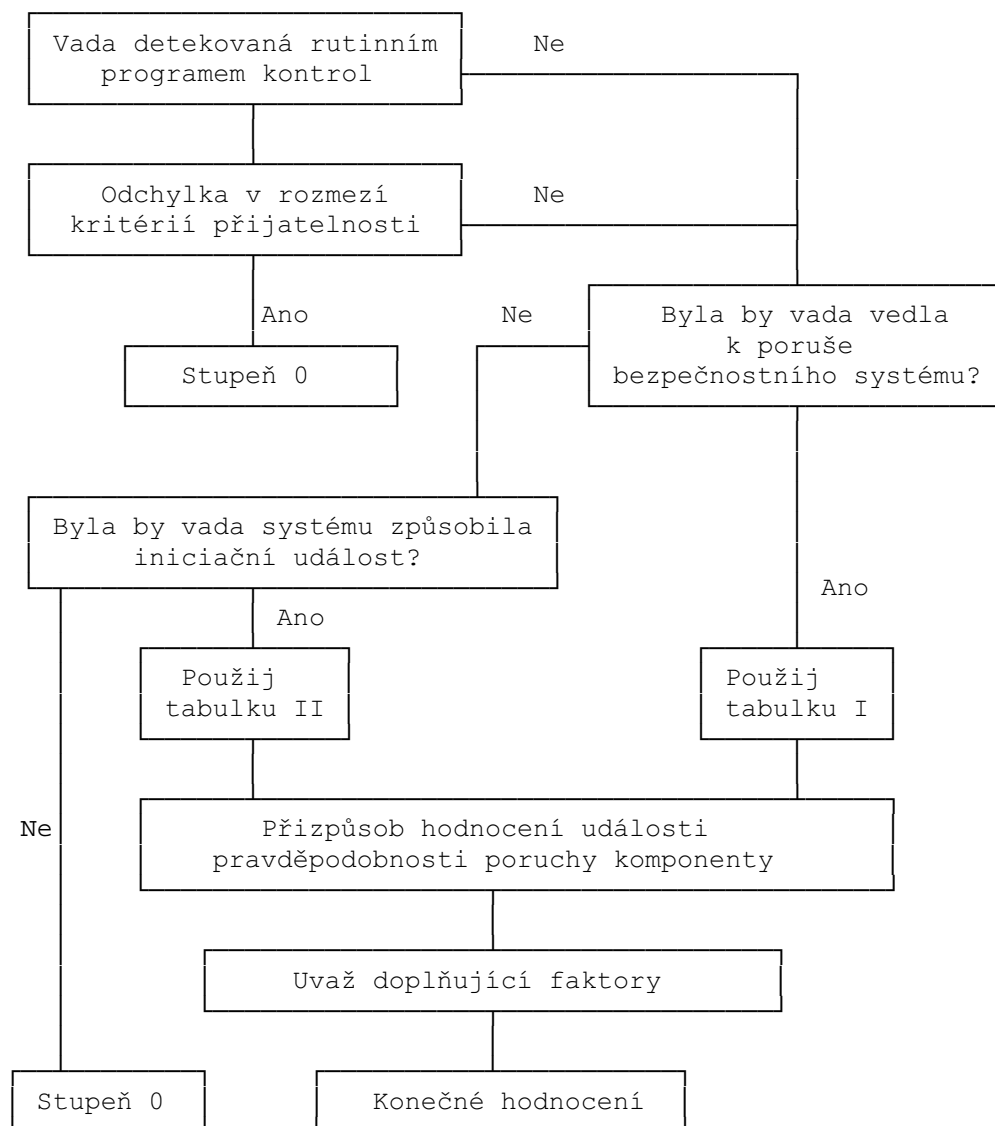
Postup je zobrazen vývojovým diagramem na obr.5 a pro ilustraci je použito příkladu. V neoddělitelné části jedné trasy bezpečnostního systému havarijního chlazení (vstřikovacího) byla objevena velmi malá netěsnost detekovaná pouhým měřením vlhkosti. Podobné vady nepatřily v programu kontrol do kategorie očekávaných (sledování těchto míst nebylo do programu kontrol zařazeno). Podobné, ale menší vady byly i na ostatních trasách systému havarijního chlazení. Pokud by bývalo došlo v důsledku vady k poruše komponenty, byla by nastala velká havárie se ztrátou chladiva (LOCA)(nepravděpodobná iniciační událost). Podle tab.II je horní hodnota základního hodnocení stupeň 2. Protože však ve skutečnosti došlo jen k netěsnosti (ne k poruše potrubí), mělo by být hodnocení sníženo o jeden stupeň. Protože však by dané vady mohly vést k poruše se společnou příčinou u všech tras bezpečnostního systému, hodnocení se zvýšilo na stupeň 2.

III-2.9. Potenciální iniciační události

Některé události samy o sobě nevyvolávají bezpečnostní funkce, ale znamenají zvýšení pravděpodobnosti iniciační události. Příkladem jsou netěsnost odstraněná zásahem operátora nebo poruchy objevené v systémech řízení procesu.

Takové události se hodnotí podobným způsobem jako strukturální vady. Za prvé by měl být oceněn význam potenciální iniciační události (tab.II), založený na schopnosti plnit bezpečnostní funkci v daném čase. Za druhé by mělo být hodnocení sníženo podle pravděpodobnosti, že by se bývala mohla potenciální iniciační událost vyvinout

z události, jež skutečně nastala. Stupeň, na který by se hodnocení mělo až snížit, musí být výsledkem náležitého posudku. Nejnižší možnou hranici hodnocení lze odvodit z tab.I, která nepředpokládá vzrůst pravděpodobnosti iniciační události.



Obr.5 Vývojový diagram pro strukturální vady.

III-2.10. Rizika

Interní či externí rizika jako požáry, externí výbuchy nebo tornáda se mohou hodnotit podle tab.II. Riziko samo o sobě by nemělo být považováno za iniciační událost, ale měla by být oceněna schopnost zbývajících provozuschopných bezpečnostních systémů plnit funkci při výskytu iniciační události a/nebo při potenciální iniciační události. Pro události s poruchami specifických ochranných systémů proti rizikům (např. systémů určených proti zemětřesení) by měla být užita tab.I, přičemž riziko se považuje za iniciační událost a hodnotí se plnění bezpečnostních funkcí specifických právě pro toto riziko.

III-3. POSTUP ZALOŽENÝ NA SYSTÉMECH A PREVENTIVNÍCH KONTROLÁCH

Tento oddíl je aplikovatelný na širokou škálu událostí včetně událostí při odstavení reaktoru, manipulací s palivem a událostí spíše spojených s ozářením zaměstnanců než s rizikem pro veřejnost. Radioaktivní inventář a časový průběh takových nehod se budou značně lišit. To jsou důležité faktory, jež je třeba při hodnocení událostí brát v úvahu a musí být náležitě posouzeny.

U některých událostí jsou maximální možné následky na okolí nebo na elektrárnu omezeny radioaktivním inventářem tak, že události odpovídající vyšším stupňům stupnice nemohou nastat. Je zřejmé, že maximální možný stupeň z hlediska degradace hloubkové ochrany (jež má zabránit havárii), by měl být nižší než maximální možný stupeň z hlediska kritérií dopadu na zařízení či na jeho okolí. Jestliže pro určitou činnost nemohou být maximální možné následky na zařízení či jeho okolí větší než stupeň 4, potom bude pravděpodobně adekvátní z hlediska hloubkové ochrany maximálně stupeň 2 (v případě, že zbývá pouze jediná bezpečnostní zábrana. Na jedné lokalitě může probíhat paralelně několik činností a každá z nich musí být v této souvislosti uvažována zvlášť. Např. provoz reaktoru a skladu odpadů by měly být uvažovány jako oddělené činnosti, ačkoliv mohou být na stejné lokalitě.

Z těchto důvodů není obvykle detailní postup hodnocení událostí, popsány v oddíle III-2 vhodný. Obecné principy však zůstávají platné. Výše uvedené lze shrnout takto:

- (a) Maximální hodnocení se stanoví podle potenciálních radiačních následků (na zařízení a na jeho okolí).
- (b) Základní hodnocení se pak stanoví podle:
 - (i) času, který je k dispozici a času potřebného pro nalezení a implementaci příslušných nápravných akcí.
 - (ii) množství účinných vrstev hloubkové ochrany, jež jsou k dispozici (hardwarových a administrativních) pro kontrolu, prevenci a zmírnění, včetně pasivních a dynamických fyzických bariér. "Očekávaná" výzva k činnosti bezpečnostních systémů se v případě, že jsou všechny tyto bezpečnostní systémy provozuschopné, hodnotí stupněm 0.
- (c) Dále se může v rozsahu podle (a) provést snížení nebo zvýšení stupně (viz oddíl III-5).

Je tedy zřejmé, že každá událost se musí posuzovat jak podle kritéria hloubkové ochrany, tak podle kritérií dopadu události na okolí či na samotné zařízení.

Následující oddíly přinášejí podrobnější návody pro zvláštní typy událostí.

III-3.1. Události během odstavení reaktoru

Účelem většiny bezpečnostních systémů reaktoru je vyrovnat se s iniciačními událostmi během provozu na výkonu. Události při horkém odstavení nebo při najíždění jsou podobné událostem při provozu na výkonu a hodnotí se tedy podle oddílu III-2. Je-li reaktor odstaven, některé z těchto bezpečnostních systémů jsou i nadále vyžadovány, aby zajistily bezpečnostní funkce, ale obvykle je k dispozici více času, než by došlo k nějakému úniku inventáře zóny.

Na druhé straně může tento dostatečný čas pro ruční preventivní akce proti nárůstu teploty paliva a úniku radioaktivních štěpných produktů nahradit část bezpečnostních opatření co se týče redundance a diversit, t.j. je-li stav elektrárny odpovídající, může být snížení redundance bezpečnostního vybavení a/nebo bariér v jistých časových úsecích během studeného odstavení přijatelné. Při takových odstávkách se někdy konfigurace bariér velice liší (např. otevřený primární okruh, otevřený kontejnment, atd.).

Jako návod pro hodnocení událostí během studeného odstavení z hlediska hloubkové ochrany by měly sloužit některé příklady použitelné pro tlakovodní reaktory. Hodnocení především bere v úvahu čas, který je k dispozici pro nápravné akce, a počet nedotčených ochranných vrstev. Pro jiné typy reaktorů bude nutné při hodnocení událostí použít obecné principy. Přestože se lze obecně uvedenými příklady řídit, je třeba zvláštní okolnosti události inženýrsky posoudit a podle toho ocenit.

III-3.1.1. Degradace chlazení aktivní zóny

Menší změny teploty chladiva způsobené určitou degradací chlazení, kdy je relativně dost času na nápravné akce, by měly být zásadně hodnoceny "pod stupnicí".

Provoz mimo limity a podmínky provozu nebo převyšující povolenou maximální teplotu chladiva nebo změny teploty chladiva (v čase) by měly být ohodnoceny stupněm 1, pokud není dosaženo níže popsáných podmínek.

Stupněm 2 by se měl ohodnotit značný ohřev chladiva, t.j. objemový var, ohřev s vysokým teplotním gradientem atd.

Dojde-li k významnému obnažení palivových článků, přidělí se stupeň 3.

III-3.1.2. Události postihující bazén vyhořelého paliva

Radioaktivní inventář bazénu vyhořelého paliva může být po několika letech provozu velký. Hodnotí-li se v tomto případě události postihující bazén vyhořelého paliva podle kritéria hloubkové ochrany, přiřazení stupně se může pohybovat v celém rozsahu, t.j. od úrovně "pod stupnicí" až po stupeň 3.

Vzhledem k velkému množství vody a relativně nízkému zbytkovému teplu je obvykle k dispozici dost času na provedení nápravných akcí (v případě události s degradací chlazení bazénu vyhořelého paliva). Stejně tak to platí pro ztrátu chladiva z bazénu vyhořelého paliva, neboť netěsnost bazénu je projektem limitována. Porucha chladicího systému bazénu vyhořelého paliva trvající několik hodin nebo únik chladiva tak obvykle vyhořelé palivo nepostihnou.

Menší degradace chladicího systému bazénu vyhořelého paliva nebo menší úniky by se proto měly hodnotit stupněm 0.

Provoz mimo limity a podmínky provozu nebo významný nárůst teploty nebo pokles hladiny chladiva v bazénu vyhořelého paliva by se měl hodnotit stupněm 1.

Stupeň 2 by se přidělil v případě začátku obnažování palivových elementů. V případě značného obnažení palivových elementů se přidělí stupeň 3.

III-3.1.3. Události při manipulaci s palivem

Rozsah možných následků na okolí v důsledku události při manipulaci s palivem může být značný. Závisí na :

- typu paliva (uran, směsný oxid, plutonium)
- stavu paliva - čerstvé palivo
- vyhořelé palivo (vyhoření)
- projektu paliva, např. množství paliva

Události během manipulace neozařenými uranovými palivovými elementy, bez významných důsledků na manipulaci s ozářeným palivem, by měly být hodnoceny stupněm 0, pokud nedošlo k riziku poškození vyhořelých palivových elementů nebo bezpečnostně významných zařízení.

Radioaktivní inventář jednoho palivového elementu je samozřejmě mnohem menší než inventář bazénu vyhořelého paliva nebo aktivní zóny. Dokud je chlazení vyhořelých palivových článků zaručeno, únik z palivového článku bude omezený, neboť integrita mříže paliva není postižena přehřátím. Možné následky na okolí či na samotné zařízení jsou tedy omezeny. Pouze velice nepravděpodobné havarijní uvolnění celého inventáře vyhořelých palivových článků může způsobit významné následky na zařízení a jeho okolí. Proto by měly být události při manipulaci ozářených palivových elementů, kdy došlo k degradaci hloubkové ochrany, avšak ne k následkům na zařízení či jeho okolí, hodnoceny v rozmezí od stupně 0 ke stupni 2, ačkoliv za určitých okolností i stupeň 3 připadá v úvahu.

Události bez vlivu na chlazení vyhořelých palivových článků, v jejichž důsledku dojde jen k malému nebo žádnému úniku, by měly být hodnoceny stupněm 0.

Stupeň 1 připadá v úvahu u následujících událostí:

- provoz mimo limity a podmínky provozu
- částečná degradace chlazení neovlivňující integritu palivových proutků
- mechanické narušení integrity palivových proutků bez degradace chlazení

Stupeň 2 se přiřadí v případě událostí, kdy dojde k narušení integrity palivových proutků v důsledku značného ohřevu palivových článků.

III-3.2. Řízení kritičnosti

Události spojené s degradací bezpečnostních systémů, které brání možnosti nezáměrné kritičnosti, by měly být hodnoceny podobným způsobem jak je zmíněno výše, t.j. měly by se brát v úvahu následující aspekty:

- (a) Maximální hodnocení by mělo být stanoveno podle povahy a chování potenciálního kritického systému, podle možnosti významného ozáření uvnitř zařízení a účinků na okolí.
- (b) Základní hodnocení by pak mělo být stanoveno podle množství spolehlivých prostředků včetně administrativních kontrol, které ještě mohou detekovat degradaci rezervy pro odstavení a zabránit vzniku nezáměrné kritičnosti. Měly by být také uváženy dostupné efektivní automatické nebo ruční prostředky pro odstavení reaktoru.
- (c) Dodatečně k výše zmíněným úvahám lze provést snížení či zvýšení stupně (viz oddíl III.5).

Malé odchylky od režimu kritičnosti v rozmezí provozních limitů a bezpečnostních specifikací by měly být hodnoceny stupněm 0.

Provoz mimo limity a podmínky provozu u reaktorů (např. rezerva pro odstavení menší než v limitech a podmínkách provozu nebo rychlost nárůstu reaktivity přesahující limit) by měl být hodnocen stupněm 1. Významnější události by měly být hodnoceny stupni 2 nebo 3 podle počtu dostupných ochranných zábran a jejich spolehlivosti a podle potenciálních následků.

III-3.3. Ztráta nebo přemístění radioaktivních zdrojů

Při pohybu a skladování radioaktivních zdrojů je vyžadována přísná kontrola.

Trvalá ztráta uzavřeného zářiče by měla být obecně hodnocena stupněm 2, avšak v případě, že by dávka na jedince z řad veřejnosti mohla být smrtelná nebo by mohla způsobit radiační popáleniny, je vhodné přiřadit stupeň 3. Stejně tak může být přiřazen stupeň 1, pokud maximální možná dávka nemůže překročit práhovou dávku pro stupeň 3.

Je-li zdroj nalezen na nevhodném místě, přiřadí se stupeň 1 nebo 2 podle velikosti zdroje a místa, kde byl zdroj nalezen.

V obou případech by se měl odděleně uvažovat dopad události na zařízení a dopad na okolí zařízení, což může vést k přiřazení vyššího stupně.

III-3.4. Rozšíření kontaminace

Jakýkoliv přenos kontaminace uvnitř zařízení nebo v okolí, vedoucí k úrovni kontaminace vyšší než je předepsaný limit pro danou oblast, by měl být hodnocen podle počtu zbývajících bezpečnostních zábran, maximálních možných následků a dalších doplňujících faktorů. Podle oddílu III-5 by měly být takové události

hodnoceny stupněm 1, jsou-li shledány nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti.

Dojde-li k vážnějšímu poškození bezpečnostních zábran, připadá v úvahu podle návodu v oddílech III-3 a III-5 i vyšší ohodnocení.

III-3.5. Kontrola dávek

Příležitostně mohou vzniknout situace, kdy jsou postupy radiačních kontrol a organizační směrnice nedostatečné a zaměstnanci jsou neplánovaně vystaveni radiačním dávkám (vnitřním či vnějším). Takové události by měly být opět hodnoceny podle počtu zbývajících bezpečnostních zábran, maximálních možných následků a dalších doplňujících faktorů. Podle návodu v III-5 by měly být tyto události hodnoceny stupněm 1, jsou-li shledány nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Pokud dojde při události ke kumulativní dávce převyšující předepsané limity, měla by být událost hodnocena přinejmenším stupněm 1 jako porušení limitů a podmínek provozu.

Dojde-li k vážnějšímu poškození bezpečnostních vrstev, připadá v úvahu podle návodu v III-3 a III-5 i vyšší ohodnocení.

III-3.6. Blokáda dveří do stíněných prostor

Aby se zabránilo vstupu z nedbalosti do normálně stíněných prostor, používají se radiací aktivované blokovací systémy u vstupních dveří, systémy povolených vstupů a kontroly dávek z ozáření před vstupem.

Porucha blokády dveří může být vyvolána ztrátou elektrického napájení a/nebo poruchou jak detektoru (detektorů), tak souvisejícího elektronického vybavení.

Protože maximální možné následky jsou limitovány stupněm 4, měly by být události, kdy zbývá jen jediná bezpečnostní ochranná zábrana, hodnoceny stupněm 2. Události, při nichž jsou k dispozici ještě další ochranné systémy, by měly být hodnoceny stupněm 1.

III-3.7. Neplánovaný výtok nebo únik

Neplánované malé úniky či výtoky mohou indikovat nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Takové události by měly být hodnoceny stupněm 1 (viz III-5).

III-3.8. Porušení oprávnění k vypouštění

Porušení oprávnění k vypouštění by se mělo z hlediska hloubkové ochrany hodnotit stupněm 1. Při hodnocení samozřejmě přichází v úvahu i hledisko dopadu události na okolí.

III-4. UDÁLOSTI POD STUPNICÍ

Obecně by měly být události hodnoceny pod stupnicí/stupněm 0 *jen v těch případech, kdy výše uvedené postupy nevedou k vyššímu hodnocení*. Avšak za předpokladu, že

nepřipadají v úvahu žádné doplňující faktory (viz III.5), je možné následující typy událostí označit za typické, jež budou hodnoceny pod stupnicí/stupněm 0:

- normálně probíhající posloupnost kroků automatického odstavení
- náhlá (falešná)⁺ iniciace bezpečnostních systémů bez vlivu na bezpečnost elektrárny s normálním obnovením provozu
- nevýznamná degradace bariér (únik menší než v limitech a podmínkách provozu)
- jednoduché poruchy nebo neprovozschopnost komponenty v záložním systému, objevené v průběhu plánované pravidelné kontroly nebo testu.

⁺*Falešnou iniciací se zde míní provoz bezpečnostního systému v důsledku selhání řídicího systému, odchylky v instrumentaci nebo individuální lidské chyby (např. iniciace bezpečnostního systému havarijního chlazení (vstříku) v důsledku lidské chyby v průběhu testu systému kontroly a řízení, zatímco parametry primárního okruhu byly normální). Iniciace bezpečnostního systému, způsobená kolísáním fyzikálních parametrů v důsledku nezamýšlených dějů v kterékoliv části elektrárny však nemůže být považována za falešnou. Příkladem by mohla být iniciace bezpečnostního systému havarijního chlazení (vstříku) od nízké hladiny a tlaku v primárním okruhu, způsobenými podchlazením od falešného otevření bypasu turbíny.*

III-5. DOPLŇUJÍCÍ FAKTORY

Základní hodnocení odvozené z návodu v oddílech III-2 a III-3 může být zvýšeno o jeden stupeň prostřednictvím mnoha faktorů. Tyto faktory jsou diskutovány níže.

Jednotlivé aspekty mohou současně vyžadovat funkci různých zábran hloubkové ochrany a následně mohou být považovány za doplňující faktory, díky jimž se zvýší hodnocení události oproti původnímu o jeden stupeň.

Mezi hlavní doplňující faktory, jež mohou ovlivnit celou hloubkovou ochranu anebo přinejmenším její velkou část, patří:

- poruchy se společnou příčinou
- nedostatky v postupech
- nedostatky v kultuře bezpečnosti

Dojde-li k výše zmíněnému zvýšení stupně, může nastat situace, že událost bude hodnocena stupněm 1, ačkoliv nebude mít bezpečnostní význam (neuvažují-li se ovšem doplňující faktory).

V případě, že se základní hodnocení v souvislosti s těmito faktory zvyšuje, je třeba uvážit následující:

- (a) Některé faktory mohou již být zahrnuty v základním hodnocení, např. porucha se společnou příčinou. Je proto nutné se vyhnout dvojnásobnému započítání chyby.
- (b) I při uvážení všech doplňujících faktorů lze hodnocení události zvýšit pouze o jeden stupeň.
- (c) Maximální stupeň odpovídající kritériu hloubkové ochrany je menší nebo rovný stupni 3 v závislosti na maximálních možných následcích na zařízení a jeho

okolí a přiřazuje se tehdy, stačí-li pouze jedna další událost (buď očekávaná iniciační událost anebo porucha další komponenty) k tomu, aby došlo k havárii.

III-5.1. Poruchy se společnou příčinou

Porucha se společnou příčinou je porucha funkce u řady zařízení nebo komponent v důsledku jediné specifické události nebo případu: zejména může způsobit poruchu zálohovaných komponent nebo zařízení, jež mají plnit stejnou bezpečnostní funkci. Z toho plyne, že spolehlivost celé bezpečnostní funkce může být mnohem nižší než se očekává.

Závažnost události, při níž porucha se společnou příčinou zasáhne jednu nebo několik komponent, je proto větší než náhodná porucha zasahující tytéž komponenty. To odůvodňuje možné zvýšení hodnocení na INES stupnici o jeden stupeň.

Podobná úvaha platí i při hodnocení událostí, kde je obtížné provozovat systémy vzhledem k chybějícím či zavádějícím informacím (zvýšení hodnocení o jeden stupeň).

III-5.2. Nedostatky v postupech

Nedostatečné postupy mohou vyvolat funkci současně několika bezpečnostních zábran v hloubkové ochraně, a jsou proto možným důvodem pro zvýšení stupně při hodnocení události.

Příklady:

- Operátoři mají k dispozici chybné nebo nedostatečné postupy pro zvládnutí události. (Příkladem je nehoda na Three Mile Island v roce 1979: postupy užívané operátory v případě iniciace bezpečnostního systému havarijního chlazení (vstřiku) nebyly přizpůsobeny situaci, kdy došlo ke ztrátě chladiva v parní fázi v kompenzátoru objemu).
- Nedostatky v programu kontrol, které se projevily při anomáliích a nebyly objeveny při normálních postupech nebo neprovozoschopnost zařízení delší než interval kontrol.

III-5.3. Události spojené s kulturou bezpečnosti

V bezpečnostním návodu IAEA č. 75-INSAG-4 vyzdvihla Mezinárodní poradní skupina pro jadernou bezpečnost vliv kultury bezpečnosti na bezpečnost provozu jaderné elektrárny a vliv na schopnost elektrárny předcházet lidským chybám a využít pozitivní aspekty lidského zásahu. INSAG definuje kulturu bezpečnosti jako "takový soubor postojů a charakteristik organizací i jednotlivců, který zajišťuje, že problémům bezpečnosti jaderných elektráren je věnována ta nejvyšší priorita, jakou si jejich významnost zaslouhuje".

Správně pojatá kultura bezpečnosti pomáhá zabránit nehodám, ale na druhé straně nedostatek kultury bezpečnosti může vést k tomu, že operátoři nepostupují ve shodě s projektovými předpoklady. Kultura bezpečnosti by proto měla být považována za část hloubkové ochrany. Nedostatečná kultura bezpečnosti může způsobit poruchy se společnou příčinou. Následně pak nedostatky v kultuře bezpečnosti mohou být důvodem zvýšení hodnocení události o jeden stupeň.

Kultura bezpečnosti je celkový přístup založený na dvou hlavních faktorech: na systému stanoveném organizační politikou a řídicími akty a na odpovědnosti jednotlivců uvnitř tohoto systému. Není proto správné systematicky považovat jednotlivé lidské chyby nebo nedostatky za nedostatky v kultuře bezpečnosti. Má-li se zvýšit hodnocení díky nedostatkům v kultuře bezpečnosti, musí jít o událost, která skutečně indikuje nedostatky v celkové kultuře bezpečnosti. Indikátory kultury bezpečnosti jsou uvedeny v příloze bezpečnostního návodu IAEA č.75-INSAG-4. Příkladem takových indikátorů mohou být:

- porušení limitů a podmínek provozu** nebo porušení postupu bez náležitě vysvětlených důvodů
- nedostatky v procesu zajištění jakosti
- nahromadění lidských chyb
- chyba při dodržování náležité kontroly radioaktivních materiálů, včetně úniků do životního prostředí nebo poruchy systémů kontroly dávek
- opakování události indikující, že předchází zkušenosti s první událostí či s následujícími nápravnými akcemi nebyly zohledněny.

Pokud je provozuschopnost systému v rámci limitů a podmínek provozu, ale doba trvání tohoto stavu je delší než povolená (v LaP), měla by být událost hodnocena stupněm 1, protože došlo k porušení LaP.

***Limity a podmínky (LaP) stanovují minimální provozuschopnost bezpečnostních systémů tak, aby provoz elektrárny zůstal v rámci bezpečnostních požadavků. Mohou také povolovat provoz se sníženou provozuschopností bezpečnostního systému po určitou dobu. V některých zemích existují tzv. "technické specifikace", které obsahují OL&C a zároveň popisují opatření, která mají být přijata pro případ, že událost vybočuje z OL&C, včetně času povoleného na nápravu a příslušného stavu, ke kterému se má dospět.*

Pokud je provozuschopnost systému shledána menší než povolená v LaP, byť po omezenou dobu a zásahy operátora směřují k bezpečnému stavu ve shodě s LaP, měla by být událost hodnocena podle oddílů III-2 a III-3 (t.j. pro reaktory na výkonu se použijí řádky C a D tab.I), ale hodnocení by nemělo být i přes narušení LaP zvýšeno. Hodnocení musí také zohlednit dobu, po kterou byla provozuschopnost bezpečnostní funkce menší než povolená v LaP.

Některé země mají navíc ve svých limitech a podmínkách provozu (technických specifikacích) další požadavky jako např. limity, týkající se dlouhodobé bezpečnosti komponent. Události, u kterých se takové limity překročí pouze na krátký čas, by měly být spíše hodnoceny stupněm 0/pod stupnicí.

III-6. PŘÍKLADY

Příklad 1 : Odstavení reaktoru po pádu havarijních tyčí-stupeň 0

Popis události

Blok pracoval na jmenovitém výkonu. Během zasouvání havarijních tyčí (skupiny A) při pravidelném kontrolním testu řídicích tyčí byl reaktor odstaven od signálu "prudký pokles neutronového toku", což bylo dále příčinou automatického odstavení turbíny a generátoru.

Řídicí tyče byly okamžitě zkontrolovány detektorem na sledování pozice řídicích tyčí. Ukázalo se, že čtyři tyče skupiny A spadly před odstavením reaktoru.

Prověrka řídicího okruhu pohonu řídicí tyče ukázala, že příčinou selhání byla defektní regulační karta (tištěný spoj).

Později byla odpovídající porušená karta nahrazena náhradní kartou a po kontrole integrity řídicího okruhu blok opět najel na jmenovitý výkon.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Havarijní zasunutí řídicích tyčí neuvádí v činnost bezpečnostní systémy a není tedy iniciační událostí. Havarijní odstavení reaktoru je iniciační událostí (očekávanou) a bezpečnostní funkce "chlazení paliva" byla plně dostupná. V tab.II se volí pozice A1. Neexistuje žádný důvod pro zvýšení hodnocení, a je tedy vybrán stupeň 0. Hodnocení je potvrzeno oddílem III-4.

Příklad 2 : Únik reaktorového chladiva při výměně paliva u reaktoru na výkonu - stupeň 1

Popis události

Při běžné výměně paliva za plného výkonu došlo v kobce překládky k úniku reaktorového chladiva 1.4 Mg/hod. Operátoři zjistili pokles východního překládkového mostu o 40 cm. Reaktor byl odstaven a chlazen. Tlak chladiva byl udržován přenosem z jiných jednotek a doplňováním z jímky. Celkový únik byl 22 Mg (přibližně 10 % inventáře). Nebyl vyžádán provoz žádného bezpečnostního systému s výjimkou uzavření kontejnmentu pro vysokou aktivitu po jedné hodině. Nedošlo k žádnému abnormálnímu úniku radioaktivity do životního prostředí.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Ačkoliv došlo k velmi malému úniku reaktorového chladiva, bezpečnostní systémy nebyly uvedeny v činnost, neboť díky zásahům operátora byl udržován vodní inventář. Pokud by se byl únik vyvinul v malou LOCA havárii, všechny požadované bezpečnostní systémy byly plně provozuschopné. Proto se přiřadí stupeň 0.

Příčinou problému byla porucha blokády, která nebyla zkontrolována programem kontrol. Tento nedostatek byl znám před tím, než k události došlo. Z těchto důvodů bylo hodnocení události zvýšeno na stupeň 1 (viz oddíly III-5.2 a III-5.3).

Příklad 3 : Přerušení funkčnosti sprchování kontejnmentu způsobené uzavřenými ventily - stupeň 1

Popis události

V tomto případě se jedná o elektrárnu s dvěma reaktory (dvojblok), které musí být každoročně najednou odstaveny, aby bylo možné provést požadované zkoušky

společného systému havarijního chlazení zóny a příslušné automatické bezpečnostní akce.

Tyto zkoušky se obvykle provádějí v době, kdy je jeden ze dvou reaktorů odstaven do studeného stavu pro výměnu paliva.

Dne 9.října byly bloky č. 1 a 2 podrobeny těmto zkouškám. Blok 1 zůstal odstaven ve studeném stavu pro výměnu paliva a blok 2 opět najel na výkon 14.října. 1.listopadu bylo během měsíční kontroly ventilů objeveno, že čtyři ventily na výtokové straně sprchovacích čerpadel byly uzavřené. Dospělo se k závěru, že tyto ventily nebyly opětovně otevřeny po zkouškách z 9. října v rozporu s požadavky na postup příslušných zkoušek.

Blok 2 byl tedy 18 dní provozován bez funkčního sprchovacího systému.

Za příčinu události byla označena lidská chyba. Chyba vznikla na konci zkušebního období, které bylo delší než obvykle vzhledem k těžkostem v průběhu zkoušek. Takovýmto chybám lze předcházet důslednějším zaznamenáváním provedených akcí.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Ke skutečné iniciační události nedošlo. Schopnost plnit bezpečnostní funkci "fyzická izolace" byla degradována. Plnění funkce bylo menší než minimální požadovaný limit v limitech a podmínkách provozu, ale větší než právě dostatečné, neboť diversní systém byl k dispozici. Iniciační událostí, která by vyžadovala plnění bezpečnostní funkce, jež byla degradována, by byla velká LOCA (nepravděpodobná iniciační událost). Proto je pro hodnocení vybrána pozice C3 tab I. Porucha byla zaviněna lidskou chybou, ale nepovažuje se za vhodné zvýšit hodnocení události vzhledem k nedostatkům v kultuře bezpečnosti. (V oddíle III-2.4.1 je vysvětleno, že stupeň 1 byl při základním hodnocení vybrán právě kvůli porušení limit a podmínek provozu).

Příklad 4 : Únik vody z primárního systému protrženou membránou na barbotážní nádrži kompenzátoru objemu - stupeň 1

Popis události

Blok byl odstaven v horkém stavu. Systém odvodu zbytkového tepla byl odpojen a částečně zdrenážován pro zkoušky systému po pracích, souvisejících s úpravou systému. Systém byl tedy neprovozuschopný.

Probíhala pravidelná zkouška účinnosti systému vstřiku v kompenzátoru objemu a primární okruh byl na tlaku 159 barů. V 16 hod byl aktivován havarijní signál od vysokého tlaku v barbotážní nádrži kompenzátoru objemu. Hladina v kontrolní nádrži poklesla, což indikovalo únik reaktorového chladiva odhadem 1.5 m³/hod. Obsluha vešla do budovy reaktoru, aby se pokusila objevit místo úniku a dospěla k názoru, že voda uniká přes ventil na primárním okruhu (ruční ventil umístěný na bypasu teplotního čidla). Obsluha zkontrolovala, že je ventil po utažení ručním kolem těsný (ve skutečnosti nebyl ještě ventil správně usazen).

Únik dále pokračoval, v 18 hod byl povolán personál údržby, kterému se však nepodařilo zdroj úniku najít.

V této době stoupal uvnitř barbotážní nádrže tlak a teplota. Operátor udržoval doplňováním a odpouštěním teplotu nad 50 stupňů C, tj. vstříkem studené upravené

vody a drenážováním do sběrné nádrže systému regenerace reaktorového chladiva. Dvě čerpadla zapojená paralelně odváděla tak odpad z reaktorové budovy do nádrže systému bórové regenerace.

Přibližně ve 21 hod indikovala čidla aktivity vzrůst radioaktivity v reaktorové budově. V 21.56 bylo dosaženo podmínek pro částečné oddělení kontejmentu. Výsledkem bylo uzavření ventilů uvnitř kontejmentu na systémech ventilace a kanalizace. Tak nemohl být odpad nadále odváděn k systému bórové regenerace. Tlak uvnitř barbotážní nádrže nadále rostl až do 22.22 hod, kdy membrány praskly. Aby se v barbotážní nádrži udržela teplota kolem 50 stupňů C, musela být nadále doplňována upravená voda, a to do 23.56 hod. V 1.45 hod klesla hodnota aktivity uvnitř reaktorové budovy pod hranici oddělení kontejmentu.

Ve 2.32 hod byl systém reaktorového chladiva na tlaku 25 barů, blok byl přiveden do podkritického horkého stavu s odvodem tepla přes parogenerátory (systém odvodu zbytkového tepla byl ještě mimo funkci).

Tento systém byl opětovně zapojen v 10.54 hod a v 11.45 byl vadný ventil na systému reaktorového chladiva odpojen od dálkového řízení, aby mohl být znovu usazen, a tím byl únik zastaven.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Při hodnocení je možné použít dvou přístupů. Za prvé je možné říci, že se nevyskytla žádná skutečná iniciační událost, neboť bezpečnostní systémy havarijního chlazení zóny nebyly vyvolány v činnost. Počáteční únik byl kontrolován systémem normálního doplňování (viz oddíl III-2.2.3). Volí se proto stupeň 0. Za druhé je možné malý únik reaktorového chladiva považovat za očekávanou iniciační událost, kdy byly všechny bezpečnostní systémy, včetně systému doplňování z kontrolní nádrže objemu, plně provozuschopné. Opět se volí stupeň 0.

Falešná iniciace oddělení (izolace) kontejmentu způsobila provozní obtíže a podala zavádějící informace. Z těchto důvodů bylo hodnocení události zvýšeno na stupeň 1 (viz oddíl III-5.1).

Příklad 5 : Ztráta nucené cirkulace plynu na 15 až 20 minut - stupeň 2

Popis události

Jednoduchá fázová porucha na napájení reaktorové instrumentace nebyla odstraněna automaticky, ale trvala, dokud nebylo napájení přepnuto ručně. Důsledkem bylo to, že se zavřely ventily na vysokotlakém i nízkotlakém napájení jednoho výparníku, což vedlo k doběhu odpovídajícího, parou poháněného, plynového oběhového dmyhadla. Velká část instrumentace a automatického řízení na výparnících a reaktoru 1 vypadly. Bylo možné ručně zasunout tyče a obsluha se také o to pokusila, ale rychlost nebyla dostatečná na to, aby zabránila vzrůstu teploty. To vedlo k odstavení reaktoru od vysoké teploty palivového článku (vzrůst přibližně o 16 stupňů C). Operátorovi se zdálo, že všechny regulační systémy byly ochromeny.

Baterií napájená nezbytná instrumentace a systém ochrany reaktoru zůstaly funkční zároveň s některými normálními instrumentálními systémy a systémy řízení.

Všechna plynová oběhová dmyhadla doběhla, protože byl narušen přívod páry do jejich turbín. Porucha napájení instrumentace zabránila automatickému i ručnímu najetí pony motorů oběhových dmychadel. Nízkotlaké napájení bylo udržováno na třech ze čtyř výparníků a na čtvrtém výparníku bylo obnoveno zásahem operátora. Po iniciačním přechodovém procesu, který vedl k odstavení reaktoru, teplota palivového článku klesla, ale potom stoupala vzhledem k narušení nucené cirkulace plynu. Tato teplota se ustálila na hodnotě přibližně o 50 stupňů C nižší, než je normální provozní teplota, po najetí pony motorů oběhových dmychadel začala klesat. Najetí těchto motorů bylo provedeno pomocným instrumentálním napájením. Reaktor 2 nebyl událostí ovlivněn a pracoval celou dobu na plném výkonu. Reaktor 1 najel na výkon následujícího dne.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Rozbor této události by měl být podle III-2.2.3 rozdělen do dvou částí. První iniciační událostí byl přechodový proces způsobený ztrátou napájení jednoho výparníku současně se ztrátou indikace. To uvedlo v činnost ochranný systém, který byl ještě plně provozuschopný. Tato část události by tedy měla být hodnocena stupněm 0.

Druhou iniciační událostí bylo havarijní odstavení reaktoru a doběh parou poháněných plynových dmychadel. To vyvolalo bezpečnostní funkci "chlazení paliva". Schopnost plnit tuto bezpečnostní funkci byla menší než požadovaná limity a podmínkami provozu (neboť žádný z pony motorů nebylo možné nastartovat), ale větší než dostatečná, protože přirozená cirkulace zajistila účinné chlazení a nucená cirkulace byla obnovena včas, takže teplota nestačila stoupnout na nepřijatelnou úroveň. Proto je pro hodnocení vybrána pozice C1 tab. II, tj. stupeň 2 nebo 3. Jak je vysvětleno v oddíle III-2.4.2, stupeň se vybírá podle míry, do jaké je provozuschopnost větší než jen právě dostatečná. V tomto případě se volí stupeň 2 vzhledem k přirozené cirkulaci a omezené době, po kterou nebyla nucená cirkulace k dispozici.

Co se týče možného zvýšení stupně, lze zde nalézt dva faktory popsané v oddíle III-5.1. Porucha zahrnovala poruchu všech dmychadel se společnou příčinou. Tento fakt však byl vzat v úvahu již při základním hodnocení a zvýšení hodnocení by tak bylo provedeno dvakrát (viz úvod v oddíle III-5 odstavec (a)). Dalším faktorem byly těžkosti zaviněné ztrátou indikace. Ztráta indikace se však spíše týkala řízení iniciačního přechodového procesu a nemohla vést ke zhoršení chlazení po havarijním odstavení. Navíc podle odstavce (c) oddílu III-5 je stupeň 3 nevhodný, neboť jediná porucha další komponenty by nebyla vedla k havárii.

Příklad 6 : Pád palivového souboru během výměny paliva - stupeň 2

Popis události

Probíhala výměna paliva. Po vytažení palivového souboru z jeho buňky došlo ke spontánnímu odpojení teleskopického nosníku zavážecího stroje a čerstvý palivový soubor spadl na centrální trubku kontejneru zavážecího stroje. Blokády pracovaly podle projektu a nedošlo k žádnému poškození paliva či ztrátě tlaku.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Iniciační událostí byl pád palivového souboru, což je považováno za nepravděpodobné. Bezpečnostní systémy byly plně provozuschopné. Pozice A3 tab. II přiřazuje stupeň 2.

Nejsou žádné důvody ke zvýšení hodnocení události. Bylo by možné uvažovat o snížení, neboť šlo o čerstvé palivo a maximální možné následky byly omezené. Avšak to, že se vyskytla nepravděpodobná iniciační událost, je považováno za dostatečně závažné, aby hodnocení zůstalo na stupni 2.

Příklad 7 : Částečná blokáda vtoku vody na jednom bloku a ztráta vnějšího napětí na druhém bloku při studeném počasí - stupeň 3

Popis události

Byly to dvě události se stejnou příčinou: částečná blokáda vtoku vody na bloku 1 a o dvě hodiny později ztráta vnějšího napětí na bloku 2.

Příčinou této dvojité poruchy bylo studené počasí v oblasti: ledové kry zatarasily vtok vody a zároveň nízké teploty přispěly k odstavení konvenční části bloku, po kterém následovalo snížení napětí v rozvodné síti.

Blokování v čerpací stanici bloku 1

Led se pravděpodobně dostal pod sběrač na záchytnou mříž čerpací stanice bloku 1. Led se dále tvořil a ledové kry přešly v jednolitý tuhý blok, který částečně zatarasil záchytnou mříž sloužící dvěma síťovým bubnům čerpadel stanice bloku 1.

Blokáda tedy nastala pod povrchem, mimo dohled, a mohla být zhoršena recirkulací teplé vody, která v té době probíhala. Recirkulace směrem od shora posunula led dolů. To zřejmě způsobilo významné snížení vtoku surové vody do čerpací stanice. Nevyskytl se žádný jasný poplašný signál indikující pokles hladiny.

V důsledku poklesu hladiny došlo mezi 9.27 a 9.34 hod ke ztrátě vakua v kondenzátorech čtyř turbodmychadel bloku 1 a čtyř pomocných turbínových generátorů vlastní spotřeby.

Ztráta vakua v kondenzátorech vedla k automatickému odstavení:

- hlavního přívodu páry pro čtyři turbodmychadla (mezi 9.27 a 9.28 hod.); turbodmychadla se přeprnula na pomocné napájení (pára z pomocných výparníků) na hodnotě 1100 otáček/min
- čtyř soustrojí pomocných turbínových generátorů (mezi 9.30 a 9.34 hod.); každá ze čtyř odpovídajících sběrnic byla znovu napájena ze sítě v průběhu jedné sekundy.

Hlavní soustrojí turbínových generátorů byla vypnuta mezi 9.28 a 9.34 hod.

V 9.33 hod došlo k pádu tyčí v důsledku detekce celkového poškození povlaku. To bylo signalizováno dvěma signály poruchy, nikoliv jako následek skutečných změn parametrů, ale na základě velmi krátké ztráty napětí na sběrnicích napájených pomocnými turbínovými generátory č.3 a 4, sekundu před jejich připojením k síti. Protože tyto signály neodrážely žádnou skutečnou poruchu, pravděpodobně došlo k pádu tyčí vlivem signálů z řídicího systému, který indikuje teplotu CO₂ na výstupu ze zóny. Ztráta vakua v kondenzátorech turbodmychadel vedla k protržení pojistných membrán na třech ze čtyř kondenzátorů. Přesto tři turbodmychadla běžela dále,

protože byla napájena parou z pomocných výparníků, které byly celou dobu v provozu, a pára unikala do kobky a dále do reaktorové budovy.

Po odstavení byl reaktor chlazen nucenou cirkulací CO₂ v nádobě. Průtoková rychlost CO₂ se udržela nad hodnotou 1.6 t/s (minimální průtoková rychlost pro chlazení zóny po odstavení reaktoru je 1 t/s). Zbytkové teplo bylo odváděno přes hlavní tepelný výměník chlazený napájecí vodou a parou unikající do atmosféry a potom chlazením vody v kondenzátorech turbonapaječek v provozu.

Odstavení reaktoru bloku 2

Asi v 11 hod byly pomocné jaderné systémy bloku 1, který byl odstaven, z poloviny napájeny z pomocných turbínových generátorů vlastní spotřeby a z poloviny ze sítě.

Blok 2 byl stále v provozu, ačkoliv v době mezi 9.33 a 10.35 hod. nebylo žádné soustrojí pomocných turbínových generátorů elektrárny schopné provozu (situace, kterou provozní pravidla vůbec nepředvídají) a jedinými zdroji napájení bloku byla rozvodná síť a dvě soustrojí hlavních turbínových generátorů. Od 10.55 hod, kdy byl druhý pomocný turbínový generátor znovu připojen ke svému rozvaděči, byla dvě turbodmychadla napájena pomocnými turbínovými generátory v provozu a dvě další turbodmychadla byla připojena na jedno ze dvou 400 kV vedení.

V 11.43 hod způsobilo odstavení konvenční části pokles napětí v síti a odstavení bloku 2, což uvedlo v činnost bezpečnostní systémy alternátoru. Blok 1, který již byl odstaven, byl napájen ze sítě a jediným nenapájeným místem byla bezpečnostní budova, kde jsou umístěny napájecí systémy havarijních čerpadel. Tato budova byla napájena blokem 2.

Na bloku 2 nastal nejkritičtější okamžik. Po snížení napětí v rozvodné síti byla dvě soustrojí hlavních turbínových generátorů téměř najednou odstavena (neúspěšný náběh vlastní spotřeby), a to způsobilo pád tyčí a odstavení reaktoru zároveň se ztrátou vnějšího napětí (výpadek jističů).

V této době byly jen dva ze čtyř pomocných turbínových generátorů zprovozněny. V důsledku toho byla v provozu pouze dvě ze čtyř turbodmychadel a zajišťovala chlazení zóny. Elektrické vedení napojující blok 2 na síť bylo obnoveno po 10 a 26 minutách, a tak mohla být další dvě turbodmychadla zprovozněna.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Jde o celý soubor událostí, ale z hlediska INES se hodnotí situace, kdy byl blok 2 v provozu bez jakéhokoliv napájení z vnitřní elektrické sítě (příčinou byla ztráta chladicí vody po vytvoření ledových ker na vtoku). Nevyskytla se žádná iniciační událost, avšak bezpečnostní funkce "chlazení paliva" byla degradována. Schopnost plnit bezpečnostní funkci byla nedostatečná, neboť nebyly k dispozici žádné vnitřní elektrické zdroje, jež by se vyrovnaly se ztrátou vnějšího napájení (očekávaná iniciační událost). Událost je tedy hodnocena pozicí D1 tab.I, tj. stupněm 3.

Ačkoliv byla doba neprovoznosti krátká, pravděpodobnost ztráty vnějšího napájení byla vysoká. Skutečně k tomu došlo krátce poté. Proto není vhodné snižovat hodnocení události.

Příklad 8 : Nesprávná kalibrace zónových detektorů přetížení - stupeň 1

Popis události

Při běžné kalibraci zónových detektorů přetížení pro systémy odstávky 1 a 2 byla provedena nesprávná kalibrace. Použitý kalibrační faktor byl určen pro výkon na 96 %, zatímco reaktor byl na 100% ním výkonu. Tato chyba kalibrace byla objevena asi o 6 hod. později, kdy byly všechny detektory překalibrovány na správnou hodnotu pro provoz na plném výkonu. Účinnost tohoto parametru odstavení byla tedy u obou systémů odstávky snížena po dobu přibližně šesti hodin.

Vysvětlení hodnocení

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Nevyskytla se žádná skutečná iniciační událost, ale provozuschopnost ochranného systému byla snížena. Provozuschopnost byla nižší než povolená limity a podmínkami provozu, ale větší než právě dostatečná, neboť druhý parametr odstavení se zálohováním byl k dispozici. Špatně kalibrované detektory by také zároveň zajistily ochranu pro většinu případů poruch. Ochrana byla požadována pro očekávané iniciační události. Pozice C1 v tab.I nabízí stupeň 1 nebo 2, přičemž byl zvolen stupeň 1, neboť provozuschopnost byla znatelně vyšší než právě dostatečná.

Ptáme-li se, zda zůstat při základním hodnocení, je třeba uvážit, že porucha trvala krátkou dobu. Na druhé straně se vyskytly nedostatky v postupu. Bylo rozhodnuto setrvat na hodnocení stupněm 1.

Příklad 9 : Porucha dieselgenerátoru v průběhu rutinních testů - stupeň 1

Popis události

Blok pracoval na nominálním výkonu. Při rutinních zkouškách jednoho dieselgenerátoru se vyskytla porucha jeho řídicího systému. Diesel byl za účelem opravy vyřazen z provozu po dobu asi 6 hodin a potom zpětně připojen. Limity a podmínky provozu požadují, aby se v případě, že je jeden dieselgenerátor vyřazen z provozu, provedly zkoušky dvou zbývajících. To nebylo provedeno (v dané době). Následně byly zkoušky provedeny a ukázaly, že dieselgenerátory byly provozuschopné.

Vysvětlení hodnocení

Toto vysvětlení je vhodné pro hodnocení události provedené až po úspěšných zkouškách provozuschopnosti dvou zbývajících dieselgenerátorů.

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují.

Žádná iniciační událost se nevyskytla, ale bezpečnostní funkce "chlazení paliva" byla degradována. Provozuschopnost nebyla menší než "minimální povolená limity a podmínkami provozu", neboť dva dieselgenerátory zůstaly provozuschopné. Pozice A1 tab.I přiřazuje tedy při základním hodnocení stupeň 0. Personál však porušil LaP a hodnocení události bylo podle návodu v III-5.3 zvýšeno na stupeň 1.

III-7. DEFINICE

Užité názvosloví a definice odpovídají publikacím IAAE (NUSS)

Havarijní podmínky

Odchylky od provozních stavů, o nichž se předpokládá, že se budou vyskytovat jen zřídka a které by mohly vést k úniku nepřijatelného množství radioaktivních materiálů, pokud odpovídající technické bezpečnostní charakteristiky neplní funkci tak, jak je to dáno projektem.

Předpokládané poruchové stavy

Všechny provozní procesy odchylné od normálního provozu, o kterých se předpokládá, že se vyskytnou jednou či vícekrát po celou dobu životnosti elektrárny, a se zřetelem na příslušná projektová opatření nezpůsobí významné poškození prvků důležitých pro bezpečnost ani nevedou k havarijním podmínkám.

Iniciátor (iniciační událost)

Identifikovaná událost, která vede k předpokládanému poruchovému stavu nebo k havarijním podmínkám.

Provozoschopnost bezpečnostního systému/za řízení

Systém nebo komponenta jsou považovány za schopné provozu tehdy, když mohou vykonávat požadovanou funkci požadovaným způsobem.

Limity a podmínky provozu

Soubor údajů, který stanovuje mezní hodnoty parametrů, funkční schopnost a úroveň výkonu zařízení a obsluhy a je schválený dozorným orgánem pro bezpečný provoz jaderných elektráren (v některých zemích se označuje termínem technické specifikace).

Bezpečnostní funkce

Určitý cíl, kterého musí být dosaženo, aby byla zachována bezpečnost. Seznam bezpečnostních funkcí je obsažen v bezpečnostním návodu IAEA 50-SG-01.

Bezpečnostní systémy

Systémy důležité pro bezpečnost, které mají zajistit bezpečné odstavení reaktoru nebo odvod zbytkového tepla ze zóny či omezit následky předpokládaných poruchových stavů a havarijních podmínek.

Bezpečnostní zábrany

Pasivní systémy, automaticky nebo ručně iniciované bezpečnostní systémy nebo systém administrativních kontrol, které mají zajistit plnění požadované bezpečnostní funkce.

Příloha ke kapitole III

PŘÍKLADY INICIAČNÍCH UDÁLOSTÍ

III-A.1. TLAKOVODNÍ REAKTORY (PWR a VVER)

III-A.1.1. Očekávané

- havarijní odstavení reaktoru
- neřízené ředění primárního chladiva
- ztráta průtoku napájecí vody
- pokles tlaku chladicího systému reaktoru v důsledku neřízeného fungování aktivní komponenty (tj. pojišťovacího nebo odlehčovacího ventilu)
- neřízený pokles tlaku v chladicím systému v důsledku vstříku (normálního či pomocného) v kompenzátoru objemu
- netěsnost v systému přeměny energie, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení
- netěsnost trubky parogenerátoru větší než povolená limity a podmínkami provozu, ale menší než při úplném prasknutí trubky
- netěsnost chladicího systému reaktoru, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení
- ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny, včetně poruch napětí a frekvence v síti
- provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze
- neřízené vytažení jedné regulační kazety při výměně paliva
- malá nehoda při manipulaci s palivem
- úplná ztráta či přerušení nuceného oběhu chladiva reaktoru s výjimkou zadřeného rotoru oběhového čerpadla

III-A.1.2. Možné

- malá LOCA
- úplné prasknutí jedné trubky parogenerátoru
- pád kazety s vyhořelým palivem
- únik z bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování
- vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů

III-A.1.3. Nepravděpodobné

- velká LOCA včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva
- vystřelení jednoho regulačního elementu
- prasknutí velkého potrubí v systému přeměny energie, včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí
- pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem

III-A.2. VARNÉ REAKTORY

III-A.2.1. Očekávané

- havarijní odstavení reaktoru
- neřízené vytažení řídicí tyče při provozu reaktoru na výkonu
- ztráta napájecí vody
- porucha řízení tlaku reaktoru
- netěsnost hlavního parního systému
- netěsnost systému reaktorového chladiva, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení
- ztráta vnějšího elektrického napájení, včetně poruch napětí a frekvence v síti
- provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze
- neřízené vytažení jednoho regulačního souboru při výměně paliva
- malá nehoda při manipulaci s palivem
- ztráta nuceného oběhu chladiva reaktoru

III-A.2.2. Možné

- malá LOCA
- prasknutí hlavního parního potrubí
- pád kazety s vyhořelým palivem
- únik z bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování
- vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů

III-A.2.3. Nepravděpodobné

- velká LOCA včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva
- vystřelení jednoho regulačního elementu
- velké prasknutí hlavního parního potrubí
- pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem

III-A.3. TĚŽKOVODNÍ REAKTORY CANDU

III-A.3.1. Očekávané

- havarijní odstavení reaktoru
- neřízené ředění primárního chladiva
- ztráta průtoku napájecí vody
- ztráta řízení tlaku reaktorového chladiva (vysokého či nízkého) způsobená neřízenou činností aktivní komponenty (tj. regulačního, odpouštěcího nebo pojistného ventilu)
- netěsnost trubky parogenerátoru větší než povolená technickými specifikacemi elektrárny, ale menší než při úplném prasknutí trubky
- netěsnost chladicího systému reaktoru, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení
- netěsnost v systému přeměny energie, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení
- ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny včetně poruch napětí a frekvence v síti
- provoz s palivovým článkem (články) v chybné pozici
- malá nehoda při manipulaci s palivem
- výpadek čerpadla reaktorového chladiva
- ztráta napájecí vody v jednom nebo více parogenerátorech
- zablokování průtoku v jednotlivých kanálech (méně než 70%)
- ztráta chlazení moderátoru
- ztráta řídicího počítače
- neplánovaný místní vzrůst reaktivity

III-A.3.2. Možné

- malá LOCA (včetně prasknutí tlakové trubky)
- úplné prasknutí jedné trubky parogenerátoru
- vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů
- poškození ozářeného paliva nebo ztráta chlazení závažceho stroje, který obsahuje ozářené palivo
- netěsnost bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování
- prasknutí potrubí napájecí vody
- zablokování průtoku v jednotlivých kanálech (více než 70%)
- porucha moderátoru
- ztráta chlazení koncového stínění

- porucha chlazení při odstávce
- neplánovaný vzrůst reaktivity po průřezu
- ztráta technické vody (nizkotlaká, vysokotlaká technická voda nebo recirkulovaná chladicí voda)
- ztráta vzduchu pro instrumentaci
- ztráta vnitřního elektrického napájení (třída IV, III, II nebo I)

III-A.3.3. Nepravděpodobné

- velká LOCA včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí v tlakovém okruhu reaktorového chladiva
- velké prasknutí v systému přeměny energie včetně největšího uvažovaného potrubí

III-A.4. REAKTORY RBMK

III-A.4.1. Očekávané

- havarijní odstavení reaktoru
- selhání systému neutronového řízení výkonu
- ztráta průtoku napájecí vody
- pokles tlaku chladicího systému reaktoru (primárního okruhu) v důsledku neřízené činnosti aktivní komponenty (tj. pojišťovacích či odlehčovacích ventilů)
- netěsnost primárního okruhu, která by nezabránila normálnímu odstavení reaktoru a dochlazení
- snížený průtok chladiva ve skupině palivových kanálů a v kanálech systému ochrany reaktoru
- snížený průtok směsi helia v grafitových blocích reaktoru
- ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny, včetně poruch napětí a frekvence v síti
- provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze
- malá nehoda při manipulaci s palivem
- ztráta tlaku v palivovém kanálu během výměny paliva

III-A.4.2. Možné

- malá LOCA
- pád vyhořelého palivového souboru
- netěsnost bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování
- únik primárního chladiva přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů
- prasknutí palivového kanálu nebo kanálu systému ochrany reaktoru
- ztráta toku vody v palivovém kanálu
- ztráta toku vody ve smyčce chlazení systému ochrany reaktoru
- úplná ztráta toku směsi helia v grafitových blocích
- havárie za provozu naloženého zavážecího stroje
- úplná ztráta pomocného napájení
- nepovolené dodání studené vody do reaktoru ze systému havarijního chlazení zóny (ECCS)

III-A.4.3. Nepravděpodobné

- velká LOCA včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí v tlakovém okruhu reaktorového chladiva
- prasknutí hlavního parovodu před oddělovacím ventilem hlavního parovodu včetně prasknutí největšího uvažovaného potrubí
- pád vyhořelého palivového souboru na jiné vyhořelé palivové soubory
- úplná ztráta průtoku technické vody
- vystřelení palivového souboru z palivového kanálu včetně takového vystřelení, kdy je palivový soubor v zavážecím stroji

III-A.5. PLYNEM CHLAZENÉ REAKTORY

III-A.5.1. Očekávané

- havarijní odstavení reaktoru
- ztráta průtoku napájecí vody
- velmi malá ztráta tlaku
- netěsnost trubky výparníku
- ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny včetně poruch napětí a frekvence v síti
- neřízené vytažení jedné nebo více řídicích tyčí
- malá nehoda při manipulaci s palivem
- narušení nebo přerušení nucené cirkulace plynu

III-A.5.2. Možné

- malá ztráta tlaku
- neřízené vytažení skupiny řídicích tyčí
- úplné prasknutí trubky výparníku
- pád palivového souboru (pouze AGR)
- uzavření vstupních lopatek dmyhadla (pouze AGR)
- poruchy těsnících uzávěrů (pouze AGR)

III-A.5.3. Nepravděpodobné

- velká ztráta tlaku
- porucha parovodu
- porucha potrubí napájecí vody

ČÁST IV

KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY - OSTATNÍ JADERNÁ ZAŘÍZENÍ

IV-1.OBECNÝ POPIS

IV-1.1. Celkové pojetí

Dobrý projekt a provoz je základem pro to, aby se jaderné zařízení vyvarovalo radiačních havárií a nehod, t.j. bylo bezpečné. Princip hloubkové ochrany je obecně aplikován na oba tyto aspekty, přičemž se připouští možnost poruchy zařízení, lidské chyby a výskyt neplánovaných dějů.

Definice hloubkové ochrany podle publikace č.75-INSAG-3 bezpečnostní série MAAE "Základní bezpečnostní principy pro jaderné elektrárny" může být použita pro všechna jaderná zařízení a transport radioaktivních materiálů. Definice konstatuje:

"Princip hloubkové ochrany je určen ke kompenzování možných lidských chyb a mechanických poruch, spočívá v několika úrovních ochrany včetně posloupnosti bariér, jež brání úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Princip zahrnuje ochranu bariérami, aby se odvrátilo poškození elektrárny i bariér samotných. Princip zahrnuje i další opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí před škodami i v případě, že tyto bariéry nejsou plně účinné".

Obdobná opatření hloubkové ochrany se přijímají tehdy, je-li třeba zabránit přemístění radioaktivních materiálů do špatně stíněných prostor.

Hloubková ochrana je tedy kombinace konzervativního projektu, zajištění jakosti kontrolních činností, zmírňujících opatření a obecně kultury bezpečnosti, která zpevňuje každou z posloupnosti vrstev. Schopnost zabránit haváriím a nehodám je založena na dobrém provozním přístupu (prevence poruch), na zajištění jakosti (ověření, zda bylo dosaženo projektového a provozního záměru), na kontrolní činnosti (detekce degradace nebo poruch během provozu) a na krocích, které zajistí že se malá odchylka nebo zárodečná vada nevyvine v závažnější situaci.

Každé narušení hloubkové ochrany by mělo být pečlivě kontrolováno a jeho důsledky hodnoceny. Fakt, že zbývá několik komponent hloubkové ochrany nesmí být nikdy důvodem pokračování provozu, je-li jedna komponenta hloubkové ochrany nefunkční.

Bezpečný provoz je udržován následujícími *bezpečnostními funkcemi* :

- řízení reaktivity
- dostatečné chlazení radioaktivních materiálů
- fyzická izolace radioaktivních materiálů

Každá z těchto bezpečnostních funkcí je zajišťována *bezpečnostními systémy*, buď pasivními či aktivními systémy (nebo administrativními kontrolami), které jsou obvykle zálohované a jejichž provozuschopnost se kontroluje podle limitů a podmínek provozu.

Klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany závisí na tom, zda byly vyvolány bezpečnostní funkce a na provozuschopnosti bezpečnostních systémů.

Hodnocení podle INES uvažuje počet ztracených bezpečnostních zábran, počet zbývajících bezpečnostních zábran a potenciální závažnost události.

Bezpečnostními zábrami mohou být pasivní systémy, automaticky či ručně iniciované bezpečnostní systémy nebo administrativní kontroly. Typ a rozsah bezpečnostních zábran bude záviset na čase dostupném pro nápravné akce a potenciálních následcích, kdyby došlo k poruše systému.

INES stupnice hodnotí degradaci hloubkové ochrany třemi stupni, a to podle rozsahu narušení bezpečnostních opatření.

Kritéria hloubkové ochrany se nevztahují na kontroly prováděné v rámci tzv. záruk nad štěpnými materiály. Stejně tak zveřejněný nález nezapočítaného štěpného materiálu (MUF - Material Unaccounted for) leží mimo stupnici.

IV-1.2. Doplnující faktory

Bezpečnostní systémy, které zajišťují bezpečnostní funkce, musí mít vysokou spolehlivost, jsou zálohovány a někdy diversifikovány. Nicméně existují určité aspekty, díky jimž mohou být současně uvedeny v činnost různé zábrany v hloubkové ochraně.

Mezi hlavní faktory, jež by mohly ohrozit celou hloubkovou ochranu anebo přinejmenším její část, patří:

- poruchy se společnou příčinou
- nedostatečné postupy
- nedostatky v kultuře bezpečnosti

Proto je těmto faktorům věnována zvláštní pozornost, viz oddíl IV-3.

IV-1.3. Ověření přiřazeného stupně

Je důležité srovnat vybraný stupeň s obecnými definicemi všech tří stupňů, a tím si potvrdit jeho správné přiřazení:

stupeň 0: bez bezpečnostního významu

stupeň 1: odchylka od povolených provozních režimů

stupeň 2: nehody s významným narušením bezpečnostních opatření

stupeň 3: nehoda blízka havárii - hloubková ochrana zcela narušena

IV-2. OBECNÉ PRINCIPY HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ

Tento návod lze aplikovat na široký rozsah jaderných zařízení, přičemž radioaktivní inventář a časový průběh poruch se budou u těchto zařízení lišit. Při hodnocení událostí je třeba tyto významné faktory uvážit. Ve většině případů je nevyhnutelný inženýrský posudek.

Ačkoliv lze degradaci hloubkové ochrany hodnotit třemi stupni, maximální možné následky na zařízení a jeho okolí jsou limitovány radioaktivním inventářem tak, že některým událostem hodnoceným vyššími stupni stupnice nemůže dojít. Je zřejmé, že maximální možný stupeň z hlediska degradace opatření hloubkové ochrany (kdy bylo havárii zabráněno) by měl být nižší než maximální možný stupeň z hlediska kritérií dopadu události na zařízení či jeho okolí. Pokud nemohou být maximální možné následky na zařízení či jeho okolí u jednotlivých činností větší než stupeň 4 (vzhledem k omezeným možným následkům), pravděpodobně bude z hlediska kritéria hloubkové ochrany maximálně možný stupeň 2 (pokud zbývá pouze jediná bezpečnostní zábrana). Na jedné lokalitě může samozřejmě probíhat řada činností. Každá z těchto činností musí však být hodnocena odděleně. Např. skladování odpadů, provoz reaktoru a přepracování by měly být uvažovány zvlášť, ačkoliv tyto činnosti probíhají na jedné lokalitě.

Obecné principy pro hodnocení událostí lze shrnout takto:

- (1) Maximální ohodnocení by mělo být stanoveno po zvážení potenciálních radiačních následků (na zařízení a okolí).
- (2) Základní hodnocení by mělo zvážit:
 - a) čas dostupný a čas požadovaný pro nalezení a realizaci příslušných nápravných akcí
 - b) počet efektivních bezpečnostních zábran, jež jsou k dispozici (hardware a administrativní) pro kontrolu, prevenci a zmírnění, včetně pasivních a dynamických fyzických bariér.
- (3) Dále pak může být hodnocení zvýšeno (viz oddíl IV-3), avšak v rámci maximálního hodnocení stanoveného v kroku (1).

Je tedy zřejmé, že při hodnocení události musí být zvážena jak kritéria dopadu události na zařízení a okolí, tak kritéria hloubkové ochrany.

Oddíl IV-5 přináší více specifické návody pro zvláštní typy událostí ve všech zařízeních.

IV-3. DOPLŇUJÍCÍ FAKTORY

Základní hodnocení odvozené z návodu v oddíle IV-2 může být zvýšeno o jeden stupeň prostřednictvím mnoha faktorů. Tyto faktory jsou diskutovány níže.

Jednotlivé aspekty mohou současně vyžadovat funkci různých zábran hloubkové ochrany a následně mohou být považovány za doplňující faktory, díky jimž se zvýší hodnocení události oproti původnímu o jeden stupeň.

Mezi hlavní doplňující faktory, jež mohou ovlivnit celou hloubkovou ochranu anebo přinejmenším její velkou část, patří:

- poruchy se společnou příčinou

- nedostatky v postupech
- nedostatky v kultuře bezpečnosti

Dojde-li k výše zmíněnému zvýšení stupně, může nastat situace, že událost bude hodnocena stupněm 1, ačkoliv nebude mít bezpečnostní význam (neuvažují-li se ovšem doplňující faktory).

V případě, že se základní hodnocení v souvislosti s těmito faktory zvyšuje, je třeba uvážit následující:

- (1) Některé faktory mohou již být zahrnuty v základním hodnocení, např. porucha se společnou příčinou. Je proto nutné vyhnout se dvojnásobnému započítání poruchy.
- (2) I při uvážení všech doplňujících faktorů lze hodnocení události zvýšit pouze o jeden stupeň.
- (3) Maximální stupeň odpovídající kritériu hloubkové ochrany je menší nebo rovný stupni 3 v závislosti na maximálních možných následcích na zařízení a jeho okolí a přiřazuje se tehdy, stačí-li pouze jedna další událost (buď očekávaná iniciační událost anebo porucha další komponenty) k tomu, aby došlo k havárii.

IV-3.1. Poruchy se společnou příčinou

Porucha se společnou příčinou je porucha funkce u řady zařízení nebo komponent v důsledku jediné specifické události nebo případu: zejména může způsobit poruchu zálohovaných komponent nebo zařízení, jež mají plnit stejnou bezpečnostní funkci. Z toho plyne, že spolehlivost celé bezpečnostní funkce může být mnohem nižší než se očekává.

Závažnost události, při níž porucha se společnou příčinou zasáhne jednu nebo několik komponent, je proto větší než náhodná porucha zasahující tytéž komponenty. To odůvodňuje možné zvýšení hodnocení na INES stupnici o jeden stupeň.

Podobná úvaha platí i při hodnocení událostí, kde je obtížné provozovat systémy vzhledem k chybějícím či zavádějícím informacím (zvýšení hodnocení o jeden stupeň).

IV-3.2. Nedostatky v postupech

Nedostatečné postupy mohou vyvolat funkci současně několika bezpečnostních zábran hloubkové ochrany, a jsou proto možným důvodem pro zvýšení stupně při hodnocení události.

Příklady:

- Operátoři mají k dispozici chybné nebo nedostatečné postupy pro zvládnutí události. (Příkladem je nehoda na Three Mile Island v roce 1979: postupy užívané operátory v případě iniciace bezpečnostního systému havarijního chlazení (vstřiku) nebyly přizpůsobeny situaci, kdy došlo ke ztrátě chladiva v parní fázi v kompenzátoru objemu).
- Nedostatky v programu kontrol, které se projevily při anomáliích a nebyly objeveny při normálních postupech nebo neprovoznost zařízení delší než interval kontrol.

IV-3.3. Události spojené s kulturou bezpečnosti

V bezpečnostním návodu IAEA č. 75-INSAG-4 vyzdvihla Mezinárodní poradní skupina pro jadernou bezpečnost vliv kultury bezpečnosti na bezpečnost provozu jaderné elektrárny a vliv na schopnost elektrárny předcházet lidským chybám a využít pozitivní aspekty lidského zásahu. INSAG definuje kulturu bezpečnosti jako "takový soubor postojů a charakteristik organizací i jednotlivců, který zajišťuje, že problémům bezpečnosti jaderných elektráren je věnována ta nejvyšší priorita, jakou si jejich významnost zaslouhuje".

Správně pojatá kultura bezpečnosti pomáhá zabránit nehodám, ale na druhé straně nedostatek kultury bezpečnosti může vést k tomu, že operátoři nepostupují ve shodě s projektovými předpoklady. Kultura bezpečnosti by proto měla být považována za část hloubkové ochrany. Nedostatečná kultura bezpečnosti může způsobit poruchy se společnou příčinou. Následně pak nedostatky v kultuře bezpečnosti mohou být důvodem zvýšení hodnocení události o jeden stupeň.

Kultura bezpečnosti je celkový přístup založený na dvou hlavních faktorech: na systému stanoveném organizační politikou a řídicími akty a na odpovědnosti jednotlivců uvnitř tohoto systému. Není proto správné systematicky považovat jednotlivé lidské chyby nebo nedostatky za nedostatky v kultuře bezpečnosti. Má-li se zvýšit hodnocení díky nedostatkům v kultuře bezpečnosti, musí jít o událost, která skutečně indikuje nedostatky v celkové kultuře bezpečnosti. Indikátory kultury bezpečnosti jsou uvedeny v příloze bezpečnostního návodu IAEA č.75-INSAG-4. Příkladem takových indikátorů mohou být:

- porušení limitů a podmínek provozu nebo porušení postupu bez náležitě vysvětlených důvodů
- nedostatky v procesu zajištění jakosti
- nahromadění lidských chyb
- chyba při dodržování náležité kontroly radioaktivních materiálů, včetně úniků do životního prostředí nebo poruchy systémů kontrol dávek
- opakování události indikující, že předchozí zkušenosti s první událostí či s následujícími nápravnými akcemi nebyly zohledněny.

IV-4. UDÁLOSTI POD STUPNICÍ

Obecně by měly být události hodnoceny pod stupnicí/stupněm 0 *jen v těch případech, kdy výše uvedené postupy nevedou k vyššímu hodnocení*. Avšak při předpokladu, že nepřipadají v úvahu žádné doplňující faktory (viz IV-3), je možné následující typy událostí označit za typicky hodnocené pod stupnicí/stupněm 0:

- náhlá (falešná)*** iniciace bezpečnostních systémů bez vlivu na bezpečnost elektrárny s normálním obnovením provozu
- nevýznamná degradace bariér (únik menší než v limitech a podmínkách provozu)
- jednoduché poruchy nebo neprovozschopnost komponenty v záložním systému, objevené v průběhu plánované pravidelné kontroly nebo testu.

**** Falešnou iniciací se zde míní provoz bezpečnostního systému v důsledku selhání řídicího systému, odchylky instrumentace nebo individuální lidské chyby. Inicie bezpečnostního systému, způsobená kolísáním fyzikálních parametrů v důsledku nezamýšlených dějů v kterékoliv části elektrárny, však nemůže být považována za falešnou.*

IV-5. SPECIFICKÉ NÁVODY PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ

IV-5.1. Události společné pro všechna zařízení

IV-5.1.1. Řízení kritičnosti

Chování kritického systému a jeho radiační následky jsou především závislé na fyzikálních podmínkách a charakteristikách systému. V homogenních štěpných roztocích jsou možný počet štěpení, výkon při kritičnosti a potenciální následky kritičnosti omezeny těmito charakteristikami. Zkušenosti s kritičností ve štěpných roztocích ukazují, že celkové množství štěpných reakcí je řádově 10^{17} až 10^{18} .

Heterogenní kritické systémy jako mříž palivových tyčí nebo suché pevné kritické systémy mohou potenciálně dosáhnout vysokých píků výkonu, které vedou k prudkému uvolnění energie a uvolnění velkého množství radioaktivního materiálu jako výsledek významného poškození zařízení.

Hlavním rizikem při výkonovém pulsu při kritičnosti je výskyt polí s vysokou radiací vlivem přímého neutronového a gama záření. Důsledkem je potenciální vysoké ozáření personálu. Druhým důsledkem může být únik radioaktivních štěpných produktů s krátkým poločasem rozpadu do okolí a potenciálně závažná kontaminace uvnitř zařízení. Kromě toho prudké uvolnění energie způsobené výkonovým pulsem při kritičnosti v heterogenním systému může také vyústit v uvolnění štěpného materiálu. Většina případů s dopadem na zařízení a okolí se hodnotí nejvýše stupněm 4. Pouze tam, kde je možné uvolnění štěpného materiálu výbuchem, připadá v úvahu vyšší hodnocení.

Oddíly IV-2 a IV-3 obsahují obecné principy pro hodnocení událostí s degradací bezpečnostních systémů, které mají zasáhnout v případě potenciálního nezáměrného nárůstu kritičnosti. Konkrétněji:

- Menší odchylky od bezpečného režimu kritičnosti, které nepřekračují limity a podmínky provozu by měly být hodnoceny stupněm 0.
- Provoz překračující limity a podmínky provozu by měl být hodnocen přinejmenším stupněm 1.

Stupeň 2 by měl být přiřazen tehdy, zbývá-li pouze jedna bezpečnostní zábrana, která zabráni výkonovému pulsu při kritičnosti, a jsou-li zároveň maximální možné následky omezeny stupněm 4. Stupeň 3 by měl být přiřazen tehdy, dojde-li k poruše všech bezpečnostních opatření, avšak k výkonovému pulsu při kritičnosti nedojde jenom vzhledem k příznivým podmínkám anebo tehdy, zbývá-li k odvrácení tohoto pulsu pouze jediná zábrana, přičemž následky by mohly být velikosti stupně 5.

IV-5.1.2. Ztráta nebo přemístění radioaktivních zdrojů

Při pohybu a skladování radioaktivních zdrojů je vyžadována přísná kontrola.

Trvalá ztráta uzavřeného zářiče by měla být obecně hodnocena stupněm 2, avšak v případě, že by dávka na jedince z řad veřejnosti mohla být smrtelná nebo by mohla způsobit radiační popáleniny, je vhodné přiřadit stupeň 3. Stejně tak může být přiřazen stupeň 1, pokud maximální možná dávka nemůže překročit práhovou dávku pro stupeň 3.

Je-li zdroj nalezen na nevhodném místě, přiřadí se stupeň 1 nebo 2 podle velikosti zdroje a místa, kde byl zdroj nalezen.

V obou případech by se měl odděleně uvažovat dopad události na zařízení a dopad na okolí zařízení, což může vést k přiřazení vyššího stupně.

IV-5.1.3. Rozšíření kontaminace

Jakýkoliv přenos kontaminace uvnitř zařízení nebo v okolí, vedoucí k úrovni kontaminace vyšší než je předepsaný limit pro danou oblast, by měl být hodnocen podle počtu zbývajících bezpečnostních zábran, maximálních možných následků a dalších doplňujících faktorů. Podle oddílu IV-3 by měly být takové události hodnoceny stupněm 1, jsou-li shledány nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti.

Dojde-li k vážnějšímu poškození bezpečnostních zábran, připadá v úvahu podle návodu v oddílech IV-2 a IV-3 i vyšší ohodnocení.

IV-5.1.4. Kontrola dávek

Příležitostně mohou vzniknout situace, kdy jsou postupy radiačních kontrol a organizační směrnice nedostatečné a zaměstnanci jsou neplánovaně vystaveni radiačním dávkám (vnitřním či vnějším). Takové události by měly být opět hodnoceny podle počtu zbývajících bezpečnostních zábran, maximálních možných následků a dalších doplňujících faktorů. Podle návodu v IV-3 by měly být tyto události hodnoceny stupněm 1, jsou-li shledány nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Pokud dojde při události ke kumulativní dávce převyšující předepsané limity, měla by být událost hodnocena přinejmenším stupněm 1 jako porušení limitů a podmínek provozu.

Dojde-li k vážnějšímu poškození bezpečnostních zábran, připadá v úvahu podle návodu v IV-2 a IV-3 i vyšší ohodnocení.

IV-5.1.5. Blokáda dveří do stíněných prostor

Aby se zabránilo vstupu z nedbalosti do normálně stíněných prostor, používají se radiaci aktivované blokové systémy u vstupních dveří, systémy povolených vstupů a kontroly dávek z ozáření před vstupem.

Porucha blokády dveří může být vyvolána ztrátou elektrického napájení a/nebo poruchou jak detektoru (detektorů), tak souvisejícího elektronického vybavení.

Protože maximální možné následky jsou limitovány stupněm 4, měly by být události, kdy zbývá jen jediná bezpečnostní ochranná zábrana, hodnoceny stupněm 2. Události, při nichž jsou k dispozici ještě další ochranné systémy, by měly být hodnoceny stupněm 1.

IV-5.1.6. Odsávací ventilace a filtrace

Tři oddělené, ale provázané systémy odsávací ventilace udržují normálně tlakový rozdíl mezi nádobami, ochrannými (rukavicovými) boxy a pracovním prostředím i dostatečnou rychlost průtoku otvory na hranicích prostředí, aby bylo zabráněno zpětnému rozptylu radioaktivního materiálu. Čistící systémy, jako např. vysoce účinné vzduchové filtry (HEPA - high efficiency particulate air filters) nebo pračky, mají pak dále snížit hodnotu výpustí do atmosféry pod předem definované limity.

Vliv poruchy jakéhokoliv odsávacího systému nebo čistícího zařízení by měl být posuzován na základě potenciálního přenosu aktivního materiálu do míst s nižší úrovní aktivity (degradace bezpečnostních opatření, jako např. pokles koncentrace inertních plynů a vznik explozivních směsí a únik korozních plynů).

Porucha všech systémů odsávací ventilace by měla být hodnocena stupněm 2.

Jednoduché poruchy odsávacích ventilátorů nebo poruchy ventilačního systému pracovního prostředí by měly být hodnoceny stupněm 0, neboť patřičný tlakový rozdíl bude udržen.

Závažnější poruchy by měly být hodnoceny stupněm 1.

IV-5.1.7. Neplánované výtoky a úniky

Neplánované malé úniky či výtoky mohou upozorňovat nedostatečné postupy nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Takové události by měly být hodnoceny stupněm 1 (viz IV-3).

IV-5.1.8. Porušení povoleného vypouštění

Porušení povoleného vypouštění by se mělo z hlediska hloubkové ochrany hodnotit stupněm 1. Při hodnocení samozřejmě přichází v úvahu i hledisko dopadu události na okolí.

IV-5.1.9. Rizika

Výskyt vnitřních nebo vnějších rizik jako jsou zemětřesení, tornáda a výbuchy může být hodnocen stejně jako jiné události, přičemž se bere v úvahu počet zbývajících bezpečnostních zábran.

U událostí s poruchami systémů, specificky určených pro prevenci rizik, by měl být hodnocen počet bezpečnostních zábran včetně pravděpodobnosti výskytu rizika během doby, kdy je systém neprovozuschopný. Vzhledem k předpokladu nízké frekvence takových rizik nepřesáhne hodnocení pravděpodobně stupeň 1.

IV-5.2. Události v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních

Případají v úvahu následující operace:

- těžba a mletí uranu s konverzí žlutého koláče na hexafluorid uranu UF₆
- obohacení UF₆

- konverze UF₆ na UO₂ nebo kov
- výroba palivových elementů z uranu a plutonia

Dále existují rizika při transportu a skladování různých produktů a odpadů z odpovídajících zařízení.

Všechny kroky procesů, probíhajících v těchto zařízeních, jsou charakteristické tím, že se zde nevyskytují žádné štěpné produkty nebo jen stopové množství štěpných produktů. U událostí proto mohou být zdrojem rizika výhradně izotopy uranu a plutonia nebo jejich dceřinné nuklidy.

IV-5.2.1. Redukovaná bezpečnostní opatření proti únikům do atmosféry

IV-5.2.1.1. UF₆ nebo uran

Takovéto úniky v sobě zahrnují chemické a radiační bezpečnostní aspekty. Je třeba zdůraznit, že chemická rizika daná toxicitou fluoru a uranu převyšují radiační rizika. INES stupnice však hodnotí pouze radiační rizika. To by se mělo vzít v úvahu, neboť mnohé země hodnotí radiační a chemická rizika dohromady.

Z hlediska radiačního nejsou proto závažné následky na zařízení či jeho okolí převyšující stupeň 4 (způsobené únikem UF₆ nebo uranu) myslitelné. Maximálním možným hodnocením podle kritéria hloubkové ochrany by měl být stupeň 2.

Brání-li úniku pouze jediná bezpečnostní zábrana, volí se stupeň 2. Pokud je k dispozici více bezpečnostních zábran, měla by být událost hodnocena stupněm 1 nebo 0.

IV-5.2.1.2. Úniky ze závodů na výrobu paliva MOX (směsných kysličníků)

Velké úniky plutonia by mohly být hodnoceny stupněm 5, a tudíž maximální hodnocení z hlediska hloubkové ochrany je stupeň 3.

Při hodnocení událostí spojených s poruchou bezpečnostních opatření proti únikům by se mělo použít návodu z oddílů IV-2 a IV-3.

IV-5.2.2. Redukovaná bezpečnostní opatření proti kapalným únikům

IV-5.2.2.1. Úniky uranu

Vzhledem k tomu, že maximální možné následky těchto událostí nebudou vyšší než stupeň 3, maximálním hodnocením by měl být z hlediska hloubkové ochrany stupeň 2. To nastane v tom případě, zbývá-li pro odvrácení většího úniku pouze jediná bezpečnostní zábrana. Pokud je k dispozici více bezpečnostních zábran, měla by být událost hodnocena stupněm 1 nebo 0.

IV-5.2.2.2. Úniky MOX (směsných kysličníků)

Velké úniky plutonia by mohly být hodnoceny stupněm 5, a tudíž maximální hodnocení z hlediska hloubkové ochrany je stupeň 3.

Při hodnocení událostí spojených s poruchou bezpečnostních opatření proti únikům by se mělo použít návodu z oddílů IV-2 a IV-3.

IV-5.2.3. Nehody při manipulaci a pády těžkých břemen

Nehody při manipulaci a pády těžkých břemen v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních v podstatě znamenají riziko kontaminace místností a zařízení a následně personálu. Mezi typické události patří:

- nehody při manipulaci s různými kontejnery na roztoky, prášek a palivové tablety
- pády těchto kontejnerů ve skladech
- pády palivových tyčí nebo souborů
- poškození nádob, ochranných boxů a potrubí během stavebních prací

Pokud tyto nehody při manipulaci zahrnují pouze uran, nejsou následky na okolí a na zařízení vyšší než stupeň 3 myslitelné. Menší nehody při manipulaci by měly být hodnoceny pod stupnicí. Nehody s podstatnějším poškozením zařízení jako např. prasknutí potrubí nebo nádob by měly být hodnoceny stupněm 2.

Nehody při manipulaci s plutoniem mohou mít vyšší následky na zařízení a okolí.

Menší nehody při manipulaci by měly být hodnoceny pod stupnicí.

Nehody s podstatnějším poškozením zařízení, jako např. prasknutí potrubí nebo nádob, by měly být hodnoceny až stupněm 3, pokud existuje reálná možnost, že se kontaminace plutoniem rozšíří do nekontrolovaných prostor.

IV-5.2.4. Ztráta elektrického napájení

Částečná nebo úplná ztráta elektrického napájení z normální sítě s dostupným napájením ze záložních systémů patří mezi události uvažované v projektu a jsou tedy hodnoceny pod stupnicí.

Úplná ztráta elektrického napájení (včetně záložních systémů) nemá v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních bez paliva typu MOX okamžitý bezpečnostní význam. Dlouhotrvající ztráta elektrického napájení může mít vliv na bezpečnost. Úplná ztráta elektrického napájení trvající krátkou dobu bez nepříznivých účinků by měla být ohodnocena stupněm 1. Mezi důležité bezpečnostní následky úplné ztráty elektrického napájení po dobu řádově několika dní patří krystalizace UF₆ v obohacovacích závodech nebo nedostatečné chlazení skladovaného plutonia. Pokud jsou nepříznivé účinky na bezpečnost zařízení pravděpodobné, může být událost ohodnocena stupněm 2.

IV-5.2.5. Požáry a výbuchy

V dodavatelských a zpracovatelských zařízeních se radioaktivní materiál vyskytuje normálně v nehořlavé podobě s výjimkou kovového uranu v případě výroby palivových elementů z kovového uranu pro výzkumné reaktory nebo plynem chlazené grafitové reaktory.

Riziko požárů v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních je spojené s použitím organických rozpouštědel, hořlavých plynů, některých pláštových materiálů, riziko

dále znamenají elektrická zařízení, sousední chemické závody, napájecí systémy nebo externí události (např. požáry lesa).

Riziko exploze vyplývá z použití nebo tvorby vodíku (používá se jako plynná komponenta při výrobě prášku a při procesu slinování tablet nebo vzniká chemickou reakcí s kovovým palivem), z nahromadění chemikálií, jako např. dusičnanu amonného při regeneraci pevného odpadu a kovového prachu v určitých fázích zpracování palivových elementů pro výzkumné a grafitové reaktory.

Požáry a exploze uvnitř zařízení nebo v jeho blízkosti, které nezpůsobí degradaci bezpečnostních opatření, by měly být hodnoceny stupněm 0. Požáry zahrnující uran a plutonium, které byly uhašeny instalovanými ochrannými systémy, nebo výbuchy, které nezpůsobily degradaci primárních bariér, by měly být hodnoceny stupněm 0. Pokud je poškozena primární bariéra, volí se v případě uranových zařízení stupeň 1 a v případě plutoniových zařízení stupeň 2. Tam, kde zbývá pouze jediná ochranná zábrana, volí se stupeň 2 pro uranová zařízení a stupeň 3 pro plutoniová zařízení.

IV-5.2.6. Přeprava neozářených jaderných materiálů

Typické přepravované produkty v dodavatelských a zpracovatelských zařízeních jsou:

- žlutý koláč UO_3 a ostatní směsi obsahující uranový koncentrát
- přírodní nebo obohacený UF_6
- přírodní nebo obohacený uran ve formě kysličníku, kovu nebo roztoků
- kysličník plutonia ve formě prášku
- roztoky dusičnanu plutonia
- palivové elementy (UO_2 , kovové slitiny uranu, sloučenin uranu a hliníku $UA1_x$, MOX)
- různé formy odpadu

Malé nehody při přepravě, při kterých se nepoškodí kontejner, by měly být hodnoceny stupněm 0. Události, kdy je materiál paliva uložen do neautorizovaného kontejneru, by měly být v případě uranu hodnoceny stupněm 2 a v případě plutonia stupněm 3. Malé defekty zabalení, v jejichž důsledku se zvyšuje riziko dopadu události na zařízení a okolí, by měly být obecně hodnoceny stupněm 1, s výjimkou obalů obsahujících plutonium, kdy mohou být významné defekty zabalení hodnoceny stupněm 2.

IV-5.3. Události na zařízeních pro přepracování paliva, zpracování vysoko a středně aktivních odpadů, skladování a vitrifikaci

Patří sem :

- skladování paliva
- přepracování paliva
- separace a skladování plutonia a uranu
- separace, skladování a vitrifikace vysoce aktivních odpadů
- zpracování, skladování a trvalé uložení nízko a středně aktivních odpadů.

Navíc existují rizika při přepravě různých produktů do těchto zařízení a uvnitř nich.

Maximální možné následky havárií spojených s výše zmíněnými operacemi mohou přesáhnout stupeň 4. Proto mohou být tyto události podle kritéria hloubkové ochrany hodnoceny až stupněm 3.

IV-5.3.1. Redukovaná bezpečnostní opatření proti únikům do atmosféry

Vzhledem k tomu, že bezpečnostní systémy pro řízení procesu, chlazení a fyzickou izolaci materiálů jsou různé pro každou operaci a liší se na jednotlivých lokalitách, není možné poskytnout podrobný návod.

Události by měly být hodnoceny podle obecného návodu v odd. IV-2 a IV-3. Protože maximální možné následky havárií mohou přesáhnout stupeň 4, mohou být tyto události hodnoceny podle kritéria hloubkové ochrany až stupněm 3. Maximální hodnocení bude vhodné tehdy, zbývá-li k zabránění úniku pouze jediná bezpečnostní zábrana.

IV-5.3.2. Požáry a výbuchy

Závažnost požárů a výbuchů na jaderných zařízeních nezávisí jen na dotčeném materiálu, ale také na místě výskytu a dostupnosti vzhledem k zásahům požární techniky. Závažnost klasifikace tedy záleží na dopadu události na provoz zařízení, na počtu ochranných bariér a/nebo zasažených bezpečnostních systémů a na místě výskytu události (blízkosti k procesním materiálům), tj. např. zničení stavební konstrukce zařízení (budovy) je méně důležité, než narušení primárního nebo sekundárního kontejnmentu.

Požáry a exploze uvnitř zařízení nebo v jeho blízkosti, které nezpůsobí degradaci bezpečnostních opatření, by měly být hodnoceny stupněm 0. Požáry zahrnující procesní materiály, které byly uhašeny instalovanými ochrannými systémy, nebo výbuchy, které nezpůsobily degradaci primárních bariér, by měly být hodnoceny stupněm 0. Pokud je poškozena primární bariéra, volí se obecně stupeň 2 s výjimkou těch zařízení, která manipulují pouze s přepracovaným uranem, kde se volí stupeň 1. Tam, kde zbývá pouze jediná ochranná zábrana, volí se stupeň 3.

IV-5.3.3. Pády břemen

Vliv poruch zdvihacích zařízení závisí na místě, kde k poruše došlo, na materiálu, který spadl nebo byl zasažen, a na zařízení, které bylo nebo mohlo být zasaženo. Porucha, která zařízení významně nepoškodí nebo nezpůsobí degradaci bezpečnostních opatření, by měla být normálně hodnocena stupněm 0.

Pády břemen, které nepoškodí bezpečnostní systémy nebo bariéry kontejnmentu, ale jsou důsledkem nedostatků v postupech nebo v kultuře bezpečnosti, by měly být hodnoceny stupněm 1.

Pády břemen, jež zasáhnou bezpečnostní systémy nebo bariéry kontejnmentu, by měly být hodnoceny po zvážení zbývajících počtu bezpečnostních zábran (oddíly IV-2 a IV-3).

IV-5.3.4. Ztráta napájení

K zajištění plynulého bezpečného provozu a udržení provozuschopnosti monitorovacího zařízení a inspekční instrumentace je někdy nezbytné mít zajištěné elektrické napájení. Aby se zabránilo poruchám se společnou příčinou, používá se několik nezávislých tras zdrojů energie spolu s jejich diversifikací. Za výjimečných podmínek budou některé provozy v případě úplné ztráty elektrického napájení automaticky odstaveny do bezpečného stavu, zatímco jiné bezpečnostní funkce, jako např. použití inertních plynů, budou zajištěny.

Ztráta primárního elektrického napájení, která neovlivní bezpečnost zařízení nebo bezpečnost jakéhokoliv řídicího systému, bude hodnocena stupněm 0.

Události s dalšími poruchami v záložních systémech by měly být hodnoceny po uvážení maximálních možných následků a počtu zbývajících bezpečnostních zábran. Je zvláště důležité uvážit přijatelné časové prodloužení, do kdy mají být zdroje energie obnoveny.

Neprovozuschopnost záložních systémů by měla být hodnocena podobným způsobem a vnější elektrický zdroj by měl být považován za další bezpečnostní zábranu.

IV-5.3.5. Ztráta chlazení

Poruchy hlavních chladících systémů by měly být hodnoceny podobným způsobem jako poruchy v elektrických systémech a měly by se zvážit maximální možné následky, počet zbývajících bezpečnostních zábran a přijatelné časové prodloužení, do kdy má být chlazení obnoveno.

V případě poruch chladících systémů skladů vysokoaktivních odpadů nebo plutonia, kdy zbývá pouze jediná bezpečnostní zábrana ve významném časovém intervalu, se volí stupeň 3.

IV-5.3.6. Přeprava

Mezi typicky přepravované produkty patří:

- ozářené palivo
- kysličníky plutonia
- dusičnany plutonia
- kysličníky uranu
- dusičnany uranu
- vysoko a středně aktivní odpady

Menší poruchy při přepravě, při kterých se nepoškodí kontejner, by měly být hodnoceny stupněm 0.

Události, při nich jsou ozářené palivo, plutonium či vysoko nebo středně aktivní odpady převáženy v neautorizovaných kontejnerech, by měly být obecně hodnoceny stupněm 3. Podobné události týkající se uranu by měly být hodnoceny stupněm 2.

Chyby zabalení by měly být hodnoceny až stupněm 3 po zhodnocení zvýšeného rizika dopadu na okolí a na zařízení.

IV-5.4. Události na zařízeních pro zpracování nízkoaktivních odpadů, skladování a trvalé uložení

Nízkoaktivní odpady vznikají, přepravují se a jsou skladovány ve všech jaderných zařízeních.

Většina událostí zahrnuje rozptýlení malé části radioaktivity z jednoho nebo více kontejnerů s odpady a ohodnocení vyšší než stupeň 1 nepřípadá v úvahu.

Porucha zdvihacího zařízení, při níž je porušen kontejner na odpad, by měla být hodnocena stupněm 1.

Požáry nebo exploze nízkoaktivních odpadů by měly být hodnoceny stupněm 1 vzhledem k nedostatkům v postupech nebo v kultuře bezpečnosti.

Stejně tak skladování materiálů s parametry nad dané specifické limity by mělo být hodnoceno stupněm 1 vzhledem k nedostatkům v postupech nebo v kultuře bezpečnosti.

IV-6. PŘÍKLADY

Příklad 1: Nárůst tlaku v rozpouštěcí nádrži palivových elementů - stupeň 0

Popis události

Detekce malého nárůstu tlaku v prostoru rozpouštěcí nádrže palivových elementů přepracovacího závodu způsobila automatické zastavení procesu. Ohřívací systém rozpouštěcí nádrže byl vypnut a byla zavedena chladicí voda. Dodávka kyseliny dusičné do nádrže byla přerušena a rozpouštěcí reakce byla potlačena dávkováním vody do nádrže. Nedošlo k žádnému úniku do provozních prostor či životního prostředí.

Následné vyšetřování ukázalo, že nárůst tlaku byl způsoben abnormálním uvolněním páry a že zvýšená rychlost vzniku dusičnaté páry byla způsobena krátkodobým nárůstem rychlosti rozpouštění paliva.

Vysvětlení hodnocení

Událost neměla dopad ani na zařízení ani na okolí. Proces byl vzhledem k odchylce podmínek automaticky zastaven a všechny kroky odstavení proběhly normálně. Žádná bezpečnostní zábrana nebyla narušena. Proto byl zvolen stupeň 0.

Příklad 2: Ředitel závodu byl vystaven kumulativní celotělové dávce přesahující povolený limit - stupeň 1

Popis události

Celotělová dávka, které byl vystaven ředitel závodu v posledních dvou prosincových týdnech, byla vyšší než povolená nebo očekávaná a důsledkem bylo její překročení nad povolený roční limit.

Vysvětlení hodnocení

Událost neměla dopad na okolí. Dopad na samotné zařízení byl pod hranicí významnosti. Hodnocení je proto prováděno z hlediska kritéria hloubkové ochrany (viz oddíl I-2.2). Událost se považuje vzhledem k překročení povolené roční celotělové dávky za bezpečnostně významnou a musí být hodnocena přinejmenším

stupněm 1. Žádné doplňující faktory opravňující ke zvýšení hodnocení se nevyskytly. Proto byl vybrán stupeň 1.

Příklad 3 : Porucha blokad stínících dveří - stupeň 2

Popis události

K nehodě došlo v průběhu přepravy kontejneru s vysoce radioaktivním vitrifikovaným odpadem do boxu, jehož stínící dveře zůstaly po údržbářských pracích otevřeny. Otevření dveří bylo řízeno systémem výměny klíčů, instalovanými gama blokadami a programovatelnou řídicí logikou. Původní projekt systému přístupů do boxu byl v průběhu spouštění za účelem vylepšení dvakrát modifikován. Tyto systémy selhaly a nezabránily přepravě vysokoaktivního materiálu do boxu (při otevřených stínících dveřích).

Vstup personálu do těchto prostor je řízen systémem povolení, který vyžaduje vybavení personálu signálními dozimetry.

Personál, který byl v boxu nebo v přilehlých prostorách přítomen, mohl být vystaven závažné dávce, pokud by chybně reagoval na pohyb kontejneru nebo na poplašný signál osobního dozimetru. Operátor při události rychle rozpoznal problém a uzavřel stínící dveře. Nikdo tak nebyl vystaven dodatečné expozici.

Vysvětlení hodnocení

Projekt přístupů do boxů zařízení byl modifikován v průběhu spouštění a důsledky těchto změn nebyly dostatečně zváženy. Zvláště:

- (a) Zprovoznění blokovacího systému výměny klíčů od stínících dveří boxu proběhlo chybně, neboť neprokázalo, že systém je nedostatečný.
- (b) Programovatelný logický řídicí systém nebyl správně naprogramován a nebyl uveden do provozu správným způsobem.
- (c) Modifikace byly nedostatečně zhodnoceny a zkontrolovány, neboť jejich bezpečnostní význam nebyl zhodnocen správně.
- (d) Projektanti a personál spouštění nekomunikovali náležitým způsobem.

Autorizace povolení práce byla uzavřena, což mělo ukázat, že zařízení se nacházelo ve svém normálním stavu, ve skutečnosti se však v tomto stavu nenacházelo.

Systém návrhů na dočasnou modifikaci (TPMP - temporary plant modification proposal) byl užíván příliš často a byl nedostatečně kontrolován. Celý TPMP vyžadoval vylepšení.

Výcvik personálu a kontrola vstupů do aktivních boxů byly nedostatečné.

Byly k dispozici dvě opatření hloubkové ochrany, a to systém autorizace povolení práce pro vstup do boxů a užití osobních signálních dozimetřů.

Ačkoliv došlo k významné degradaci opatření hloubkové ochrany, zůstaly k dispozici dvě ochranné zábrany. Dopad na zařízení při maximální možné poruše lze hodnotit stupněm 4, a proto je vhodné přiřadit stupeň 1 (viz oddíl IV-5.1.5). Vzhledem k výše zmíněnému množství nedostatků v kultuře bezpečnosti se však hodnocení zvýšilo na stupeň 2.

IV-7. DEFINICE

Užité názvosloví a definice odpovídají publikacím IAAE (NUSS)

Havarijní podmínky

Odchytky od provozních stavů, o nichž se předpokládá, že se budou vyskytovat jen zřídka a které by mohly vést k úniku nepřijatelného množství radioaktivních materiálů, pokud odpovídající technické bezpečnostní charakteristiky neplní funkci tak, jak je to dáno projektem.

Předpokládané poruchové stavy

Všechny provozní procesy odchylné od normálního provozu, o kterých se předpokládá, že se vyskytnou jednou či vícekrát po celou dobu životnosti elektrárny, a se zřetelem na příslušná projektová opatření nezpůsobí významné poškození prvků důležitých pro bezpečnost ani nevedou k havarijním podmínkám.

Iniciátor (iniciační událost)

Identifikovaná událost, která vede k předpokládanému poruchovému stavu nebo k havarijním podmínkám.

Provozoschopnost bezpečnostního systému/za řízení

Systém nebo komponenta jsou považovány za schopné provozu tehdy, když mohou vykonávat požadovanou funkci požadovaným způsobem.

Limity a podmínky provozu

Soubor údajů, který stanovuje mezní hodnoty parametrů, funkční schopnost a úroveň výkonu zařízení a obsluhy a je schválený dozorným orgánem pro bezpečný provoz jaderných elektráren (v některých zemích se označuje termínem technické specifikace).

Bezpečnostní funkce

Určitý cíl, kterého musí být dosaženo, aby byla zachována bezpečnost. Seznam bezpečnostních funkcí je obsažen v bezpečnostním návodu IAEA 50-SG-01.

Bezpečnostní systémy

Systémy důležité pro bezpečnost, které mají zajistit bezpečné odstavení reaktoru nebo odvod zbytkového tepla ze zóny či omezit následky předpokládaných poruchových stavů a havarijních podmínek.

Bezpečnostní zábrany

Pasivní systémy, automaticky nebo ručně iniciované bezpečnostní systémy nebo systém administrativních kontrol, které mají zajistit plnění požadované bezpečnostní funkce.