

INES

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí

Uživatelská příručka

Překlad vydání z roku 2001
Připraveno v SÚJB

Zpracováno jako společný dokument IAEA a OECD/NEA

ÚVODNÍ SLOVO K PŘEKLADU

Státní úřad pro jadernou bezpečnost publikoval překlad příručky „INES - Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí“ Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) jako bezpečnostní návod pod označením BN 01.1 v roce 1995. V roce 2001 publikovala IAEA revizi tohoto dokumentu, v níž jsou zahrnuty téměř desetileté zkušenosti s využíváním klasifikace INES při hodnocení nejen jaderných událostí, ale i událostí týkajících se aspektů radiační ochrany a nakládání s jadernými materiály.

Tento překlad má umožnit širokému spektru držitelů povolení v České republice snadnější orientaci v problematice hodnocení nestandardních událostí použitím principů podle INES.

Překlad tohoto dokumentu v maximální míře zohledňuje terminologii, používanou v oblasti jaderné a radiační bezpečnosti, používanou českými subjekty. Nicméně, v případě pochybností o výkladu pojmů a popisů událostí je nutné srovnat text s textem originálu, vydaného IAEA.

V souvislosti s vydáním nového uživatelského manuálu INES v roce 2001 byl systém převeden na elektronickou bázi s web. stránkou – Nuclear Events – Web-based System (NEWS). Systém slouží pro rychlou výměnu informací o jaderných událostech. Poskytuje popis událostí a její hodnocení podle stupnice INES, tisková prohlášení (v národním jazyce a v angličtině), technickou dokumentaci pro odborníky a možnost pro odborníky účastnit se diskusního fóra k těmto událostem.

Český překlad i anglický originálu příručky INES a další informace o systému NEWS jsou publikovány v elektronické formě na www.sujb.cz.

PŘEDMLUVA IAEA

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES – The International Nuclear Event Scale) byla v březnu 1990 společně zavedena Mezinárodní agenturou pro jadernou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Jejím primárním účelem je usnadnit komunikaci a dorozumění mezi odborným jaderným společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností v případech výskytu událostí na jaderných zařízeních. Ve světle získaných zkušeností byla v roce 1992 stupnice upřesněna a rozšířena tak, aby byla použitelná při jakékoliv události spojené s radioaktivním materiálem a/nebo s radiací, včetně přepravy radioaktivních materiálů.

Toto vydání uživatelského příručky INES zahrnuje zkušenosti získané používáním verze stupnice z roku 1992 a závěry dokumentu s názvem „Vyjasnění sporných bodů“. Tento dokument nahrazuje předchozí vydání publikace. Nedoplňuje technický základ procedury hodnocení INES, ale očekává se, že usnadní úkol těm, od nichž se požaduje, aby s použitím stupnice INES hodnotili bezpečnostní význam událostí.

Komunikační síť informačního systému INES v současné době dostává a dále šíří informace o událostech národním koordinátorům v 60 státech na speciálních formulářích k hodnocení události, které představují oficiální informaci o události, včetně jejího hodnocení. Komunikační proces INES přivedl všechny zúčastněné státy k vytvoření vlastní interní sítě, která zajistí, aby veškeré události byly pohotově předávány a hodnoceny, kdykoliv jsou uvnitř nebo vně země hlášeny.

IAEA na požádání zabezpečuje k používání INES výcvikové služby.

OBSAH

ČÁST I. CELKOVÝ POPIS	7
I.1. ÚVOD	7
I.1.1. Základní předpoklady.....	7
I.1.2. Obecný popis stupnice	7
I.1.3. Rozsah stupnice.....	10
I.1.4. Používání stupnice.....	10
I.1.5. Příklady hodnocených jaderných událostí.....	12
I.1.6. Struktura příručky	13
ČÁST II. POSTUP KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ A JEJICH OHLAŠOVÁNÍ IAEA	14
II.1. POSTUP KLASIFIKACE.....	14
II.2. KOMUNIKACE S INFORMAČNÍ SLUŽBOU IAEA PŘI OZNÁMENÍ UDÁLOSTÍ	14
ČÁST III. DOPAD NA OKOLÍ A UVNITŘ ZAŘÍZENÍ	24
III.1. DOPAD VNĚ ZAŘÍZENÍ	24
III.1.1. Obecný popis.....	24
III.1.2. Definice stupňů	25
III.2. DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ.....	27
III.2.1. Obecný popis.....	27
III.2.2. Definice stupňů	27
III.2.3. Výpočet radiologické ekvivalence dávky	28
ČÁST IV. DOPAD NA OCHRANU DO HLOUBKY	30
IV.1. PŘEHLED CELKOVÉHO POJETÍ.....	30
IV.2. OBECNÉ PRINCIPY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ.....	31
IV.3. DETAILNÍ NÁVOD KE KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ	32
IV.3.1. Určení maximálních možných následků	32
IV.3.2. Určení základní klasifikace s uvážením účinnosti bezpečnostních opatření....	33
IV.3.2.1. Události reaktorů na výkonů	33
IV.3.2.2. Všechny ostatní události, tj. jakékoliv události nespojované s reaktorem na výkonu (přístup zábran).....	38
IV.3.2.3. Možné události (včetně narušení struktury)	39
IV.3.2.4. Události hodnocené pod stupnicí – stupeň 0	40
IV.3.3. Uvážení dodatečných faktorů.....	41
IV.3.3.1. Poruchy se společnou příčinou.....	41

IV.3.3.2.	Nedostatky v postupech	41
IV.3.3.3.	Události s vlivem na kulturu bezpečnosti.....	42
IV.4.	DEFINICE.....	42
ČÁST V. PŘÍKLADY K DOKRESLENÍ HODNOTÍCÍCH NÁVODŮ PŘI KLASIFIKACI PODLE KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY		44
V.1.	NÁVOD K POUŽITÍ PŘÍSTUPU BEZPEČNOSTNÍCH ZÁBRAN PRO ZVLÁŠTNÍ TYPY UDÁLOSTÍ	44
V.1.1.	Řízení kritičnosti	44
V.1.2.	Ztráta nebo vyjmutí radioaktivních zdrojů.....	44
V.1.3.	Nepovolený únik/šíření kontaminace.....	45
V.1.4.	Kontrola dávek	45
V.1.5.	Blokování dveří do stíněných prostor	45
V.1.6.	Poruchy odtahové ventilace, filtrace a čistících systémů.....	46
V.1.7.	Nehody při manipulacích a pády těžkých břemen	46
V.1.7.1.	Události nezahrnující palivové soubory	46
V.1.7.2.	Chyby při manipulaci s palivem.....	46
V.1.8.	Ztráta elektrického napájení	47
V.1.9.	Požáry a exploze.....	47
V.1.10.	Vnější ohrožení	48
V.1.11.	Události v průběhu přepravy	48
V.1.12.	Selhání chladících systémů	48
V.1.12.1.	Události během odstavení reaktoru	48
V.1.12.2.	Události týkající se bazénu skladování vyhořelého paliva.....	49
V.1.12.3.	Ostatní zařízení.....	50
V.2.	NÁZORNÉ PŘÍKLADY POUŽITÍ PŘÍSTUPU BEZPEČNOSTNÍCH ZÁBRAN	50
V.3.	ZPRACOVANÉ PŘÍKLADY ZALOŽENÉ NA SKUTEČNÝCH UDÁLOSTECH.....	54
V.3.1.	Příklady využívající přístup iniciačních událostí	54
Příklad 1:	Rychlé odstavení reaktoru po pádu řídicích tyčí – stupeň 0.....	54
Příklad 2:	Únik chladícího média v průběhu výměny paliva u reaktoru na výkonu – stupeň 1	55
Příklad 3:	Nefunkční sprchování kontejnmentu způsobené ventily v uzavřené pozici – stupeň 1	55
Příklad 4:	Únik vody z primárního okruhu protrženou membránou barbotážní nádrže kompenzátoru objemu – stupeň 1	56
Příklad 5:	Ztráta nucené cirkulace plynu na 15 až 20 minut – stupeň 2	57
Příklad 6:	Pád palivového souboru v průběhu výměny paliva – stupeň 1	58

Příklad 7:	Částečná blokáda vtoku vody na jednom bloku a ztráta vnějšího napájení a druhém bloku při studeném počasí – stupeň 3	58
Příklad 8:	Nesprávná kalibrace zónových detektorů přetížení – stupeň 1	59
Příklad 9:	Porucha dieselgenerátoru v průběhu pravidelných zkoušek – stupeň 1	60
Příklad 10:	Malý únik z primárního okruhu – stupeň 2	60
Příklad 11:	Rychlé odstavení bloku způsobené poruchou elektrické sítě v důsledku tornáda – stupeň 3	61
Příklad 12:	Úplná ztráta vlastního napájení při požáru na strojovně – stupeň 3	61
V.3.2.	Příklady založené na přístupu bezpečnostních zábran	62
Příklad 13:	Nárůst tlaku v rozpouštěcí nádrži palivových elementů – stupeň 0	62
Příklad 14:	Pracovník obdržel kumulativní celotělovou dávku přesahující dávkový limit – stupeň 1	62
Příklad 15:	Porucha blokad stínících dveří – stupeň 2	62
Příklad 16:	Selhání řízení kritičnosti – stupeň 1	63
Příklad 17:	Dlouhotrvající ztráta ventilace v závodě na výrobu paliva – stupeň 1	64
Příklad 18:	Ztráta ventilace zařízení na skladování paliva – stupeň 1	65
Příklad 19:	Ztráta uzavřeného zdroje – stupeň 2	66
Příklad 20:	Rozliti kapaliny kontaminované plutoniem na podlahu laboratoře – stupeň 2 ..	66
Příklad 21:	Nález jaderného materiálu v přepravním kontejneru, o němž se předpokládalo, že je prázdný – stupeň 1	66
Příklad 22:	Úplná ztráta chlazení při odstávce reaktoru – stupeň 1	67
Příklad 23:	Puls výkonu u výzkumného reaktoru při výměně paliva – stupeň 2	68
ČÁST VI. PŘÍLOHY	69	
PŘÍLOHA I. VÝPOČET RADIOLOGICKÉ EKVIVALENCE	69	
I.1.	ÚVOD	69
I.2.	METODA	69
I.3.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	69
I.4.	VÝSLEDKY	70
PŘÍLOHA II. PŘEHLED POSTUPŮ KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ PRO REAKTORY NA VÝKONU PODLE OCHRANY DO HLOUBKY	75	
II.1.	ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY	75
II.2.	POSTUPY PRO UDÁLOSTI REAKTORŮ NA VÝKONU	75
PŘÍLOHA III. ODVOZENÍ TABULEK PRO KLASIFIKACI REAKTORŮ NA VÝKONU (ODDÍL IV.-3.2.1)	77	
III.1.	NEHODY ZAHRNUJÍCÍ DEGRADACI BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ BEZ INICIAČNÍ UDÁLOSTI (ČÁST IV-3.2.1.3(B))	77
III.2.	NEHODY ZAHRNUJÍCÍ SKUTEČNOU INICIAČNÍ UDÁLOST (ČÁST IV-3.2.1.3(A))	78
PŘÍLOHA IV. PŘÍKLADY INICIAČNÍCH UDÁLOSTÍ	79	

IV.1.	TLAKOVODNÍ REAKTORY (PWR A VVER).....	79
IV.2.	VARNÉ REAKTORY	80
IV.3.	TĚŽKOVODNÍ REAKTORY CANDU	80
IV.4.	REAKTORY RBMK	81
IV.5.	PLYNEM CHLAZENÉ REAKTORY.....	82
	PŘÍLOHA V. KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ ZAHRNUJÍCÍCH PORUŠENÍ LAP	84
	PŘÍLOHA VI. SEZNAM ČLENSKÝCH ZEMÍ A ORGANIZACÍ.....	85

ČÁST I.

CELKOVÝ POPIS

I-1. ÚVOD

I-1.1. Základní předpoklady

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES) je určena k pohotovému komunikaci s veřejností v terminologii, která je v souladu s bezpečnostním významem událostí hlášených na jaderných zařízeních. Informováním o událostech ze správného úhlu pohledu může stupnice usnadnit vzájemné porozumění mezi jaderným společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností. Stupnice byla vytvořena mezinárodní skupinou expertů svolaných společně Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii při Organizaci pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Stupnice rovněž odráží zkušenosti získané z využívání podobných stupnic ve Francii a Japonsku i z návrhů stupnic zvažovaných v několika dalších zemích.

Nejdříve byla stupnice určitou dobu zkušebně používána ke klasifikaci událostí v jaderných elektrárnách. Po té byla rozšířena a uzpůsobena tak, aby umožňovala použití ve všech zařízeních spojených s civilním jaderným průmyslem. V současné době je úspěšně používána v 60 zemích. Toto vydání Příručky INES může být použito pro jakoukoliv událost spojenou s radioaktivním materiálem a/nebo s radiací a pro jakoukoliv událost, která by se vyskytla v průběhu přepravy radioaktivního materiálu.

I-1.2. Obecný popis stupnice

Stupnice zařazuje události do sedmi stupňů: vyšší stupně (4–7) se označují jako „havárie“, nižší (1–3) „nehody“. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam a jsou klasifikovány stupněm 0 (pod stupnicí), se nazývají „odchylky“. Události, které vůbec nesouvisí s bezpečností se označují jako události „mimo stupnici“. Struktura stupnice je znázorněna na obr. 1 ve formě tabulky s klíčovými slovy. Použité výrazy nejsou považovány ani za přesné, ani za definitivní. Každý stupeň je podrobně definován v částech III a IV této příručky. Události se posuzují podle tří rozdílných dopadů reprezentovaných jednotlivými sloupci: dopad do okolí, vliv na jaderné zařízení a dopad na hloubkovou ochranu.

První sloupec se vztahuje k událostem, jejichž důsledkem je únik radioaktivity do okolí. Protože představují jediný možný přímý dopad na obyvatelstvo, jsou pochopitelně v popředí zvláštní pozornosti. V nejnižším bodě tohoto sloupce je vyznačen únik, který vystaví kritickou skupinu obyvatelstva odhadnuté radiační dávce číselně přibližně rovné jedné desetíně ročního dávkového limitu pro obyvatelstvo. Taková událost je klasifikována stupněm 3. Tato dávka obvykle představuje jednu desetinu průměrné roční dávky od přírodního pozadí. Nevyšší stupeň představuje velkou jadernou havárii s rozsáhlými následky na zdraví a životní prostředí.

Druhý sloupec pojednává o dopadu události uvnitř jaderného zařízení. Tato kategorie pokrývá interval od stupně 2 (kontaminace a/nebo nadměrné ozáření zaměstnance) do stupně 5 (vážné poškození aktivní zóny reaktoru nebo radiačních bariér).

Všechna jaderná zařízení jsou projektována a provozována tak, že postupné zapojování bezpečnostních systémů zabraňuje většímu dopadu na okolí i na vlastní jaderné zařízení. Obecně bude rozsah dostupných bezpečnostních systémů odpovídat možnému potenciálu dopadu události v zařízení. Až porušení všech bezpečnostních systémů může vést k podstatným důsledkům pro okolí a vlastní jaderné zařízení. Zajištění těmito bezpečnostními systémy se označuje jako „hloubková ochrana“. Třetí sloupec se vztahuje k nehodám, při

nichž byla narušena opatření hloubkové ochrany. Do rozsahu tohoto sloupce spadají stupně 1 až 3.

Událost, která má dopad popisovaný ve více sloupcích, je vždy hodnocena nejvyšším nalezeným stupněm. Události, které nedosáhnou prahové hodnoty v žádné ze tří oblastí jsou hodnoceny pod stupnicí stupněm 0. Obr. 2 podává typické popisy událostí pro každý stupeň a doplňuje je příklady hodnocení událostí, ke kterým na jaderných zařízeních došlo v minulosti.

	OBLAST DOPADU		
	DOPAD VNĚ ZAŘÍZENÍ	DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ	DOPAD NA OCHRANU DO HLOUBKY
7 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	ROZSÁHLÝ ÚNIK: ŠIROCE ROZŠÍŘENÉ DOPADY NA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ		
6 TĚŽKÁ HAVÁRIE	ZÁVAŽNÝ ÚNIK: PRAVDĚPODOBNÉ NAsAZENÍ VEŠKERÝCH PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ		
5 HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ	OMEZENÝ ÚNIK: PRAVDĚPODOBNÉ ČÁSTEČNÉ NAsAZENÍ PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ	VÁŽNÉ POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU/ RADIČNÍCH BARIÉR	
4 HAVÁRIE BEZ VÁŽNĚJŠÍHO RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ	MENŠÍ ÚNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ŘÁDOVĚ V POVOLENÝCH MEZÍCH	VÝZNAMNÉ POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU /RADIČNÍCH BARIÉR/ SMRTELNÉ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCŮ	
3 VÁŽNÁ NEHODA	VELMI MALÝ ÚNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ZLOMKEM POVOLENÝCH LIMITŮ	VELKÉ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE /AKUTNÍ ÚČINKY NA ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ	TÉMĚŘ HAVARIJNÍ STAV NEZŮSTALY ŽÁDNÉ BEZPEČNOSTNÍ BARIÉRY
2 NEHODA		VÝZNAMNÉ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE/ NADMĚRNÉ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCE	NEHODA S VÝZNAMNÝM POŠKOZENÍM BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ
1 ANOMÁLIE			ANOMÁLIE OD SCHVÁLENÉHO PROVOZNÍHO REŽIMU
0 ODCHYLKA	ŽÁDNÝ BEZPEČNOSTNÍ VÝZNAM		

Obr. 1 Základní struktura stupnice (uvedená kritéria představují pouze indikátory)

I-1.3. Rozsah stupnice

Stupnice INES může být použita pro jakoukoliv událost spojenou s radioaktivním materiálem a/nebo s radiací a pro jakoukoliv událost, která by se vyskytla v průběhu přepravy radioaktivního materiálu. Neklasifikuje průmyslové nebo jiné havárie, které nesouvisí s jaderným nebo radiačním provozem. Takové události jsou „mimo stupnici“. Například: přestože události spjaté s turbinou nebo generátorem mohou mít vliv na vybavení vztahující se k bezpečnosti, pokud jde o poruchy ovlivňující pouze jejich provozuschopnost, byly by klasifikovány jako události „mimo stupnici“. Obdobně události typu požáry by byly klasifikovány jako události „mimo stupnici“, pokud by nezahrnovaly nějaká radiační rizika nebo neměly dopad na bezpečnostní ochrany.

Stupnice se nevztahuje na dozor nad zárukami štěpného materiálu. Stejně i publikované nesrovnalosti v evidenci štěpného materiálu) by byly klasifikovány jako události „mimo stupnici“.

I-1.4. Používání stupnice

Ačkoliv jsou bezpečnostní jaderná a radiační kritéria široce srovnatelná, terminologie používaná k jejich popisu se v jednotlivých zemích liší. Mezinárodní stupnice byla s vědomím takových odlišností připravována, ale je možné, že si jednotlivé uživatelské země mohou přát vyjasnit stupnici v národních souvislostech.

Příručka poskytuje detailní hodnotící postupy. Brožura INES by neměla být používána jako základ hodnocení událostí, poněvadž poskytuje na úrovni každého stupně pouze příklady událostí, spíše než faktické definice.

Stupnice je určena pro pohotovostní hodnocení následující po události. Nicméně budou události, které vyžadují k pochopení a vyhodnocení jejich důsledků delší časový odstup. Za těchto poměrně vzácných okolností bude vydáno předběžné hodnocení události, které bude potvrzeno později. Je také možné, že výsledek dalších informací může vyžadovat přehodnocení události.

I když se stupnice používá pro veškerá zařízení, je v některých typech zařízení fyzicky vyloučeno, aby události způsobily úniky významného množství radioaktivních materiálů do životního prostředí. Pro taková zařízení by nebyly vyšší stupně použitelné. Mezi taková zařízení patří výzkumné reaktory, zařízení ke zpracování neozařeného paliva nebo sklady odpadů.

Stupnice nenahrazuje již přijatá národní a mezinárodní kritéria určená pro technickou analýzu a ohlašování událostí orgánům dozoru. Rovněž není součástí oficiálních havarijních opatření existujících v každé zemi k vypořádání se s radiačními nehodami.

Stupnice není přiměřeným východiskem k výběru událostí pro zpětnou vazbu v provozní praxi vzhledem k tomu, že důležitá poučení lze často získat z událostí relativně menšího významu.

Konečně není rovněž vhodné stupnici využívat ke srovnání bezpečnosti v jednotlivých zemích. Každá země má rozdílná uspořádání pro sdělování méně významných událostí veřejnosti a je obtížné zajistit mezinárodní shodu při hodnocení událostí na hranici mezi stupni 0 a 1. Ačkoliv budou informace o událostech klasifikovaných stupněm 2 a vyšším všeobecně dostupné, jejich statisticky malý počet, který se navíc každým rokem mění, ztěžuje provádění smysluplných mezinárodních srovnání.

Stupeň/popis	Povaha události	Příklady
7 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	<ul style="list-style-type: none"> Únik značné části radioaktivních materiálů z velkého zařízení (například z aktivní zóny energetického reaktoru) do okolí. Typicky obsahujících směs radioaktivních štěpných produktů s dlouhými i krátkými poločasy rozpadu (s aktivitou přesahující desítky tisíc TBq ¹³¹I). Takový únik by vyústil do možnosti akutních zdravotních účinků; zpožděné zdravotní účinky v rozsáhlé oblasti s možností zasažení více než jedné země; dlouhodobé důsledky pro životní prostředí. 	Jaderná elektrárna Černobyl, SSSR (nyní Ukrajina), 1986
6 TĚŽKÁ HAVÁRIE	<ul style="list-style-type: none"> Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou tisíce až desítky tisíc TBq ¹³¹I). Takový únik by pravděpodobně vyústil do plného uplatnění protiopatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků. 	Kyštym, Přeracovatelský závod, SSSR (nyní v Ruské Federaci), 1957
5 HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZARÍZENÍ	<ul style="list-style-type: none"> Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou stovek až tisíců TBq ¹³¹I). Takový únik by pravděpodobně vyústil do částečného uplatnění protiopatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků. Těžké poškození jaderného zařízení. Může to zahrnovat těžké poškození velké části aktivní zóny energetického reaktoru, velká havárie s kritičností, nebo velký požár či exploze uvolňující velké množství radioaktivity uvnitř zařízení. 	Windscale Pile, Velká Británie, 1957 Three Mile Island jaderná elektrárna, USA, 1979
4 HAVÁRIE BEZ VÁŽNĚJŠÍHO RIZIKA VNĚ ZARÍZENÍ	<ul style="list-style-type: none"> Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu několika milisievertů.^a S takovým rozsahem úniku by pravděpodobně obecně nebyly spojovány žádné vnější ochranné zásahy s výjimkou místní kontroly potravin. Významné poškození zařízení. Taková havárie může zahrnovat poškození vedoucí k velkým potížím uvnitř zařízení, jako je částečné tavení aktivní zóny v energetickém jaderném reaktoru a srovnatelné události v zařízeních bez reaktoru. Takové ozáření jednoho nebo více zaměstnanců, že je vysoká pravděpodobnost rychlého úmrtí. 	Windscale Pile, Přeracovatelský závod, Velká Británie, 1973 Saint Laurent, jaderná elektrárna, Francie, 1980 Buenos Aires, kritický soubor, Argentina, 1983
3 VÁŽNÁ NEHODA	<ul style="list-style-type: none"> Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu desetin milisievertů.^a Při takovém úniku nemusí být vnější ochranná opatření zapotřebí. Událost uvnitř zařízení s důsledkem takového ozáření zaměstnanců, že by způsobilo akutní zdravotní následky a/nebo událost s výsledkem těžkého rozšíření kontaminace, například několika tisíc TBq aktivity uvolněné v sekundárním kontejnmentu, kde lze materiál vrátit do vyhovujících skladovacích prostor. Nehoda, při níž by další porucha bezpečnostních systémů mohla vést k havarijním podmínkám, nebo situace, ve které by nebyly bezpečnostní systémy schopné zabránit havárii, pokud by nastaly určité iniciační události. 	Vandellos, jaderná elektrárna, Španělsko, 1989
2 NEHODA	<ul style="list-style-type: none"> Nehoda s významným selháním bezpečnostních opatření, ale se zbývající dostatečnou hloubkovou ochranou k vypořádání se dodatečnými poruchami. To zahrnuje události, kde by skutečné události byly klasifikovány stupněm 1, ale odhalují významné dodatečné organizační nedostatky nebo nedostatky v kultuře bezpečnosti. Událost, která vyústila v dávku pracovníkovi, překračující povolený roční limit a/nebo událost, která vede k přítomnosti významných množství radioaktivity uvnitř zařízení v prostorách, kde to projekt nepředpokládal, a které vyžadují nápravná opatření. 	

^a Dávky jsou vyjádřeny jako efektivní dávkový příkon (na celé tělo). Toto kritérium, je-li to vhodné, může být také vyjádřeno jako roční autorizovaný limit určený národním dozorem.

<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">ANOMÁLIE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Anomálie od schváleného režimu, ale se zbývající významnou hloubkovou ochranou. K tomu může dojít v důsledku poruchy zařízení, lidské chyby nebo nedostatků postupů a mohou nastat v jakékoliv oblasti, kterou stupnice pokrývá, například provoz jaderné elektrárny, transport radioaktivního materiálu, manipulace s jaderným palivem a skladování odpadů. Mezi příklady patří: porušení technických podmínek nebo přepravních předpisů, nehody bez přímých důsledků, které odhalí nedostatky v organizačním systému nebo kultuře bezpečnosti, defekty v potrubí, menší než předpokládá kontrolní program. 	
<p style="text-align: center;">0</p> <p style="text-align: center;">ODCHYLKA</p>	<ul style="list-style-type: none"> Odchytky, kde nejsou porušeny limity a podmínky provozu, a na které se, v souladu s adekvátními postupy, přiměřeně reaguje. Mezi příklady patří: jednoduchá náhodná porucha v redundantním systému, odhalená v průběhu periodických kontrol nebo zkoušek, plánované rychlé odstavení reaktoru, které probíhá normálně, neúmyslná aktivace bezpečnostních systémů, bez významných následků, úniky v rámci LaP, menší rozšíření kontaminace uvnitř kontrolovaného pásma bez širších důsledků pro kulturu bezpečnosti. 	

Obr. 2 Mezinárodní stupnice pro hodnocení závažnosti událostí v jaderných zařízeních (pro pohotovou komunikaci o bezpečnostním významu událostí)

I-1.5. Příklady hodnocených jaderných událostí

Havárie v černobylské jaderné elektrárně v SSSR (nyní Ukrajina) v roce 1986 měla rozsáhlé dopady na životní prostředí a na zdraví lidí. Je hodnocena stupněm 7.

Havárie v přepracovatelském závodě Kyštym v SSSR (nyní Ruská federace) v roce 1957 vedla k velkému úniku do okolí. K omezení vážných zdravotních důsledků byla přijata havarijní opatření, včetně evakuace obyvatelstva. V návaznosti na účinky havárie do okolí je tato událost hodnocena stupněm 6.

V roce 1957 došlo při havárii grafitového vzduchem chlazeného výzkumného reaktoru ve Windscale (nyní Sellafield) ve Velké Británii k úniku radioaktivních štěpných produktů do okolí. V návaznosti na dopady do okolí byla událost ohodnocena stupněm 5.

Havárie v jaderné elektrárně Three Mile Island v USA, k níž došlo v roce 1979, vyústila v těžké poškození aktivní zóny reaktoru. Účinky na okolí byly velice omezené. Hodnocení události stupněm 5 vychází z dopadů uvnitř jaderné elektrárny.

V roce 1973 v přepracovatelském závodě ve Windscale (nyní Sellafield) ve Velké Británii došlo v důsledku exotermické reakce v provozní nádobě k úniku radioaktivního materiálu uvnitř provozní oblasti zařízení. Na základě dopadu uvnitř zařízení byla událost hodnocena stupněm 4.

V roce 1980 bylo výsledkem havárie v jaderné elektrárně Saint Laurent ve Francii částečné poškození aktivní zóny reaktoru, ale nedošlo k uvolnění radioaktivity do okolí. Na základě dopadu uvnitř zařízení byla událost hodnocena stupněm 4.

Havárie kritického souboru RA-2 v Buenos Aires v Argentině v roce 1983, kde v důsledku porušení bezpečnostních pravidel v průběhu modifikace aktivní zóny došlo k náhodnému pulsu výkonu, způsobila smrt operátora, který byl pravděpodobně ve vzdálenosti 3–4 metry. Hodnocení absorbovaných dávek udává 21 Gy pro gama společně s 22 Gy pro neutrony. Na základě dopadu uvnitř zařízení je událost klasifikována stupněm 4.

Nehoda, k níž došlo v roce 1989 v jaderné elektrárně Vandellos ve Španělsku nevedla k úniku radioaktivity do okolí, ani k poškození aktivní zóny reaktoru nebo kontaminaci uvnitř elektrárny. Nicméně poškozením bezpečnostních systémů požárem významně zhoršilo ochranu do hloubky. Vzhledem k dopadu na hloubkovou ochranu byla událost hodnocena stupněm 3.

Naprostá většina ohlášených událostí je hodnocena stupni nižšími než 3. Ačkoliv se zde neuvádějí žádné příklady takových událostí, mohou země využívající tuto stupnici individuálně uvést příklady na těchto nižších úrovních.

I-1.6. Struktura příručky

Tato příručka se skládá ze šesti částí:

- Část I podává celkový pohled na stupnici,
- Část II je shrnutím postupu, který má být použit ke klasifikaci událostí a ohlašování informační službě INES,
- Část III podává podrobný návod potřebný k ohodnocení událostí s dopadem uvnitř a vně zařízení,
- Část IV podává podrobný návod potřebný k klasifikaci událostí s dopadem na hloubkovou ochranu,
- Část V je tvořena příklady k dokreslení použití hodnotících návodů,
- Část VI obsahuje četné přílohy, podávající podrobné informace o zvláštních aspektech stupnice.

ČÁST II.

POSTUP KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ A JEJICH OHLAŠOVÁNÍ IAEA

II-1. POSTUP KLASIFIKACE

Blokové schéma uvedené na následujících stranách stručně popisuje postup klasifikace jakékoliv události spojené s radioaktivním materiálem a/nebo s radiací, včetně přepravy radioaktivních materiálů, podle INES. Formát blokového schématu byl připraven s úmyslem ukázat logickou cestu určení bezpečnostního významu jakékoliv události. Přináší ucelený přehled pro nové uživatele i shrnutí postupu pro ty, kteří jsou již s používáním manuálu INES obeznámeni. Schéma pochopitelně nelze používat izolovaně od návodů obsažených v částech III a IV. Na základě obdobného dříve užívaného schématu byl vyvinut počítačový program INESAR (INES Automatic Rating – automatická klasifikace).

II-2. KOMUNIKACE S INFORMAČNÍ SLUŽBOU IAEA PŘI OZNÁMENÍ UDÁLOSTÍ

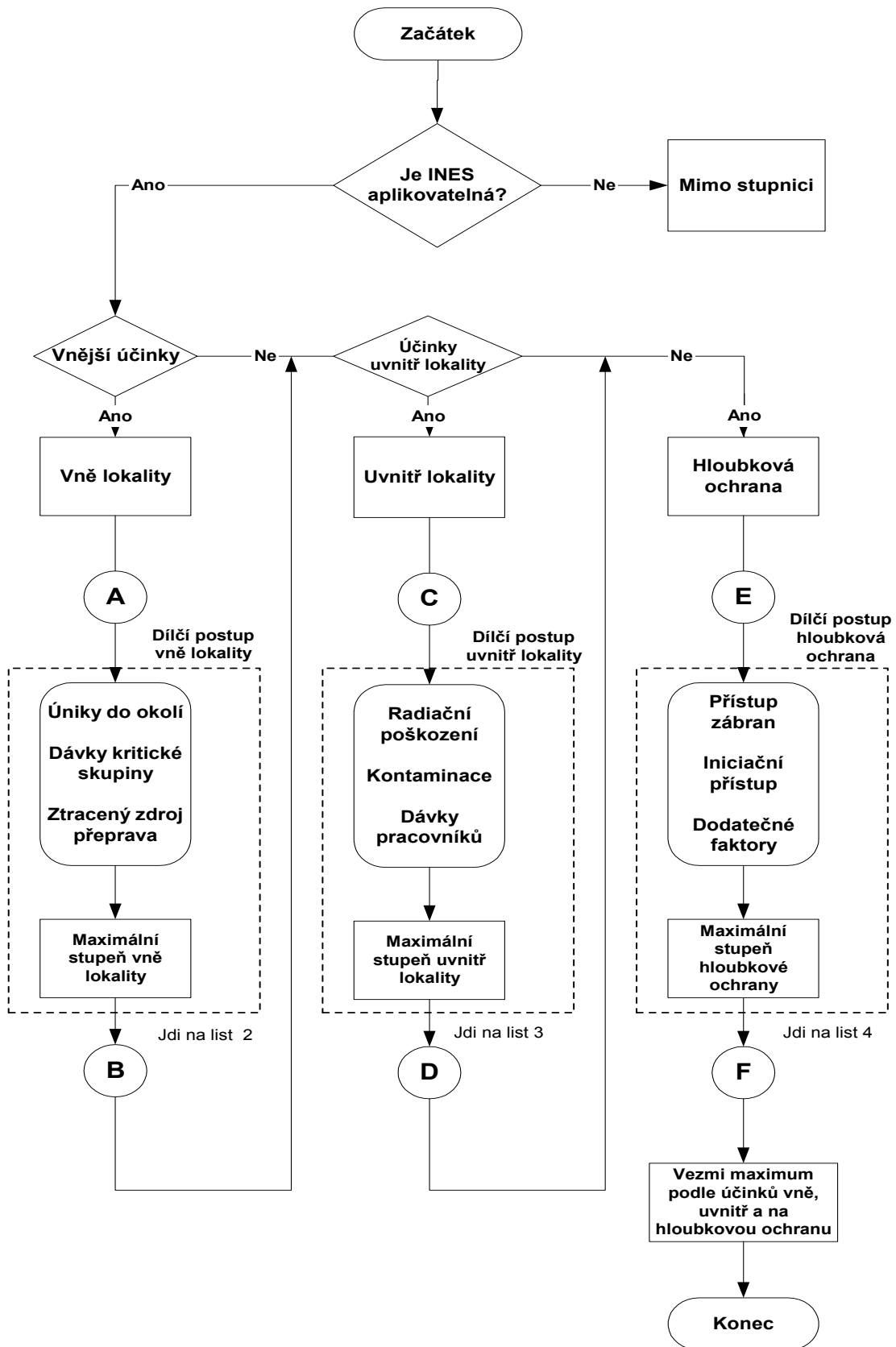
Národní koordinátor INES odpovídá za co nejrychlejší předání (cíl: do 24 hodin) oficiální informace o důsledcích události všem účastnickým zemím (viz. příloha VI) prostřednictvím informační služby INES v IAEA. Kritéria pro určení, jaké události mají být oznamovány jsou následující:

- (a) Události hodnocené stupněm 2 a vyšším,
- (b) Události vyvolávající mezinárodní pozornost.

Událost je prezentována ve speciálním formátu s použitím „Formuláře pro klasifikaci události“, který je k dispozici v IAEA. Tento formulář se předává informační službě INES v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii prostřednictvím dvou redundantních kanálů: faxu a elektronické pošty. Informační služba INES funguje nepřetržitě, a může tudíž kdykoliv zabezpečit další šíření informací.

List 1

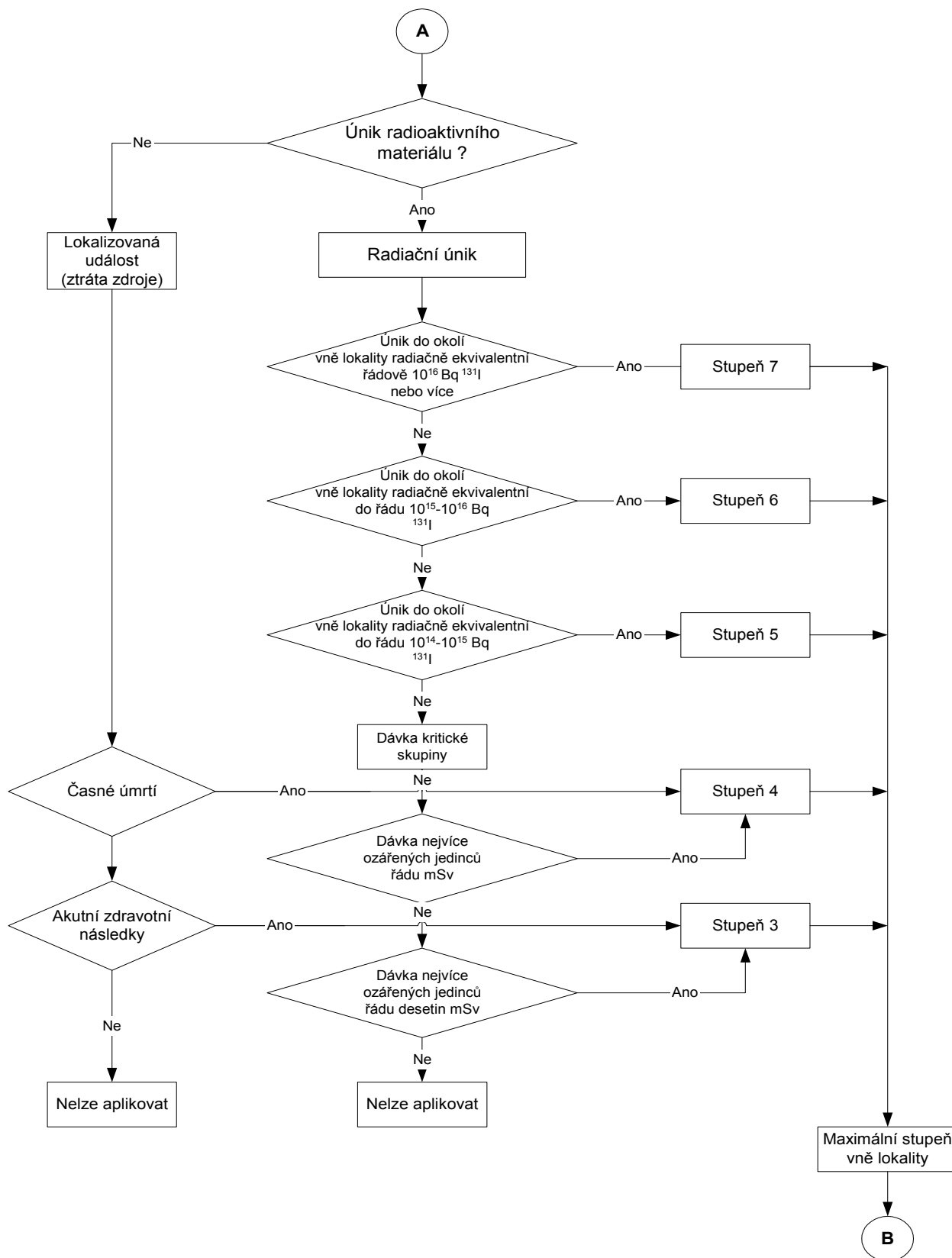
Klasifikační postupy INES



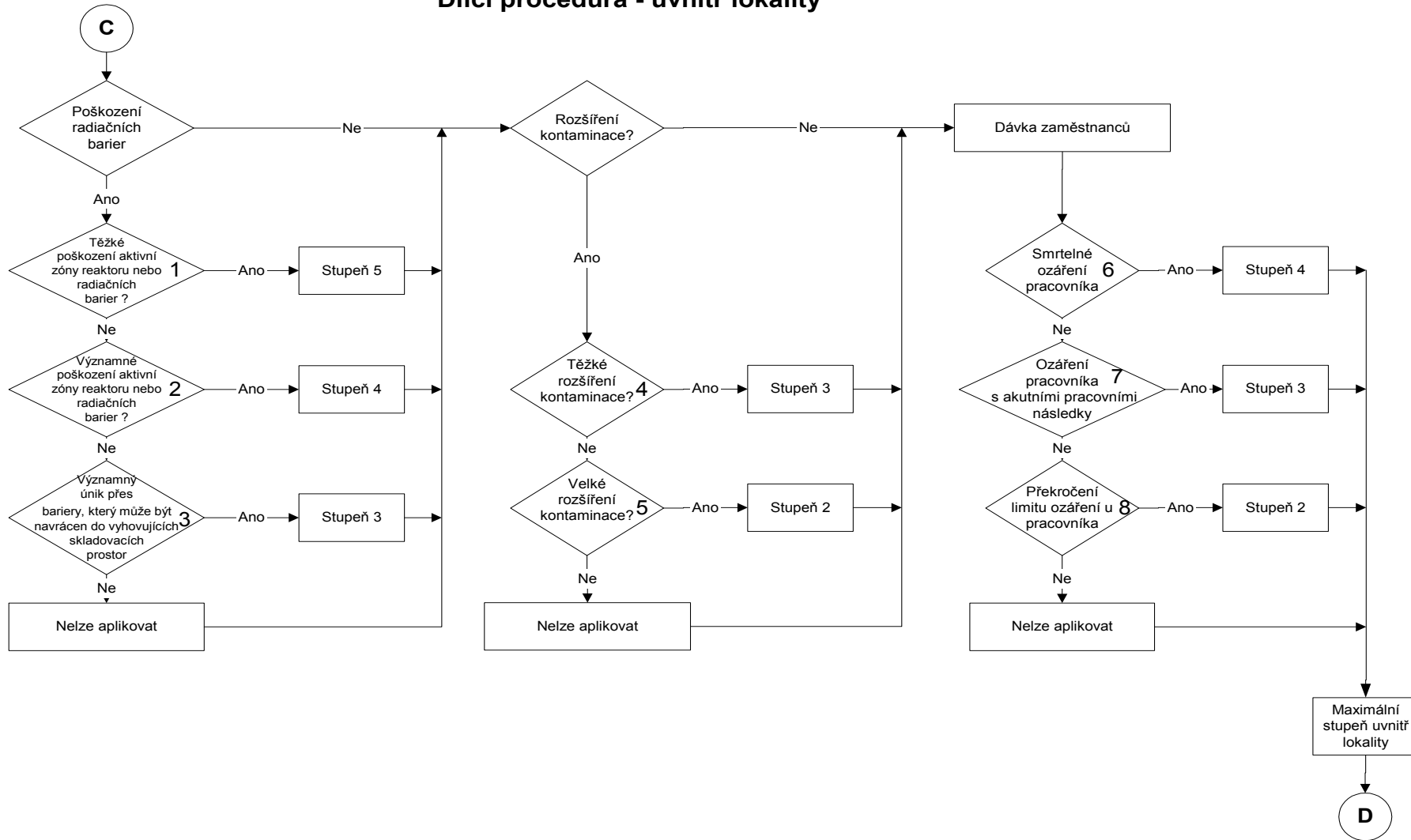
Postup klasifikace a hlášení událostí MAAE

List 2

Dílčí procedura vně lokality



List 3 Díličí procedura - uvnitř lokality

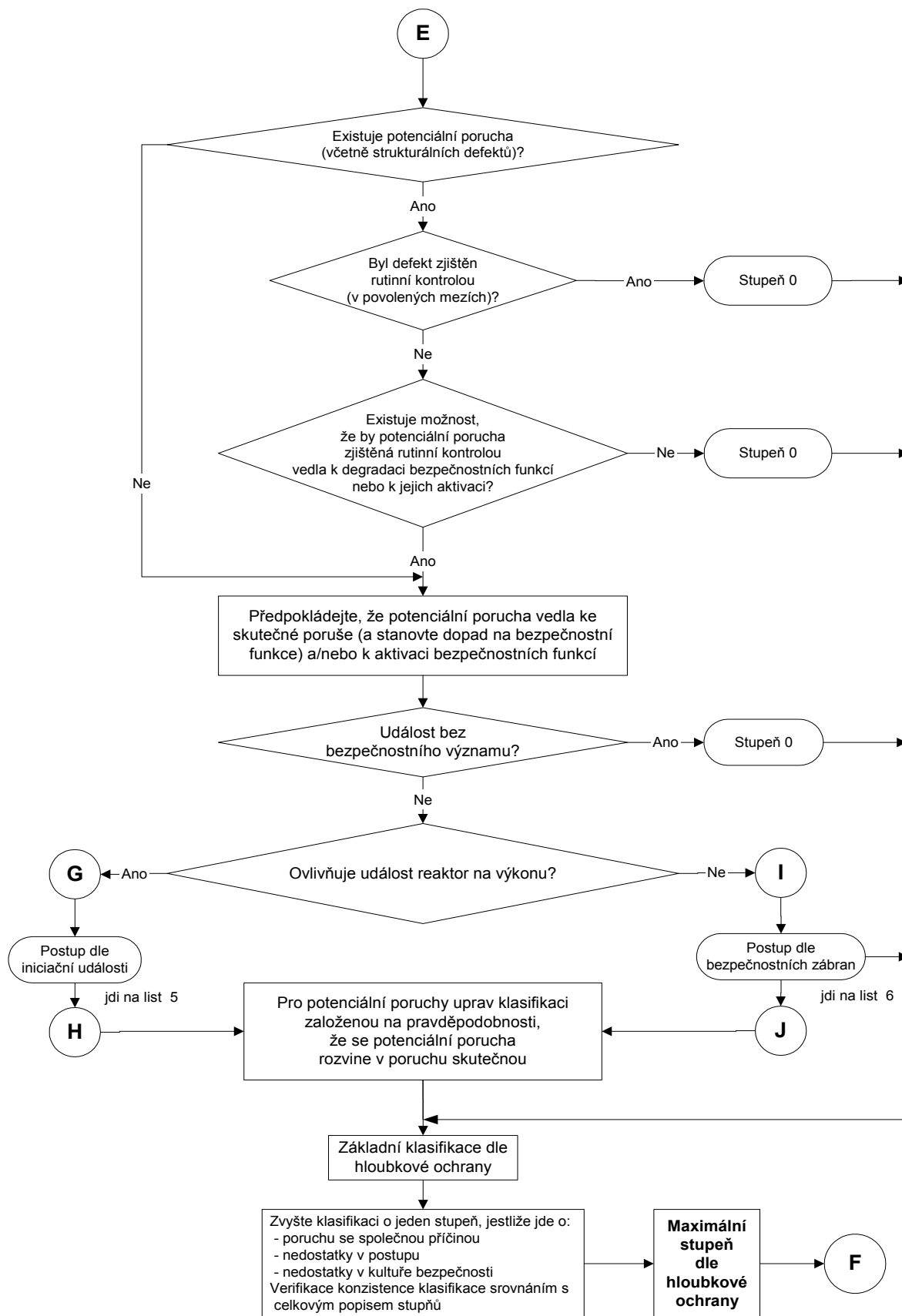


Poznámky k Listu 3

1. Je roztaveno více než několik procent paliva energetického reaktoru nebo z palivových souborů uniklo více než několik procent inventáře aktivní zóny. Nehody na dalších zařízeních spojené s velkým únikem radioaktivity uvnitř zařízení (srovnatelným s tavením aktivní zóny) s vážným ohrožením radiační bezpečnosti okolí.
2. Došlo k jakémukoli tavení aktivní zóny nebo z palivových souborů uniklo více než 0,1 % inventáře aktivní zóny energetického reaktoru. Události na zařízení bez reaktoru, spojené s únikem několika tisíc TBq aktivity z jeho primárního kontejnmentu, kterou nelze vrátit do vyhovujících skladovacích prostor.
3. Událost vedoucí k úniku několika tisíc TBq aktivity do sekundárního kontejnmentu, kde lze materiál vrátit do uspokojivých skladovacích prostor.
4. Událost vedoucí k dávce nebo kontaminaci takové úrovně, že by snadno mohly způsobit akutní zdravotní následky u jednoho nebo více pracovníků (jako celotělové ozáření řádu 1Gy a ozáření povrchu těla řádu 10 Gy).
5. Událost vedoucí k sumárnímu dávkovému příkonu gama a neutronů většímu než 50 mSv/hod v provozních prostorách zařízení (dávka měřena ve vzdálenosti 1m od zdroje). Událost vedoucí k výskytu významného množství radioaktivity v prostorách zařízení, které k tomu nejsou projektem určeny (viz část III-2.3), a jež vyžaduje nápravná opatření. V této souvislosti je třeba termín „významné množství“ vykládat jako: (a) kontaminaci kapalinami zahrnující celkovou aktivitu odpovídající radiační aktivitě několika stovek GBq ^{106}Ru ; (b) rozsypání pevného radioaktivního materiálu s radiačním významem odpovídajícím radiační aktivitě několika stovek GBq ^{106}Ru za předpokladu, že úroveň kontaminace povrchů a aerosoly desetkrát převyšují povolené limity pro kontrolované pásmo; (c) únik plyných radioaktivních materiálů, obsažených v budově v množstvích ekvivalentní radiačnímu významu desítek GBq ^{131}I .
6. Vnější ozáření jednoho nebo více pracovníků, které vyústilo do takového překročení povolené dávky, kdy už hrozí pravděpodobnost rychlého úmrtí (okolo 5Gy).
7. Událost, která vedla k dávce nebo kontaminaci takové úrovně, že u jednoho nebo více pracovníků způsobila akutní zdravotní následky (jako celotělové ozáření řádu 1Gy a ozáření povrchu těla řádu 10 Gy).
8. Událost vedoucí k takové dávce u jednoho nebo více pracovníků, která překračuje roční limit stanovený ICRP pro zaměstnance. Událost mající za následek nutnost intenzivní léčby, aby zabránila tomu, že jinak dávka bude o řád nad limitem roční dávky.

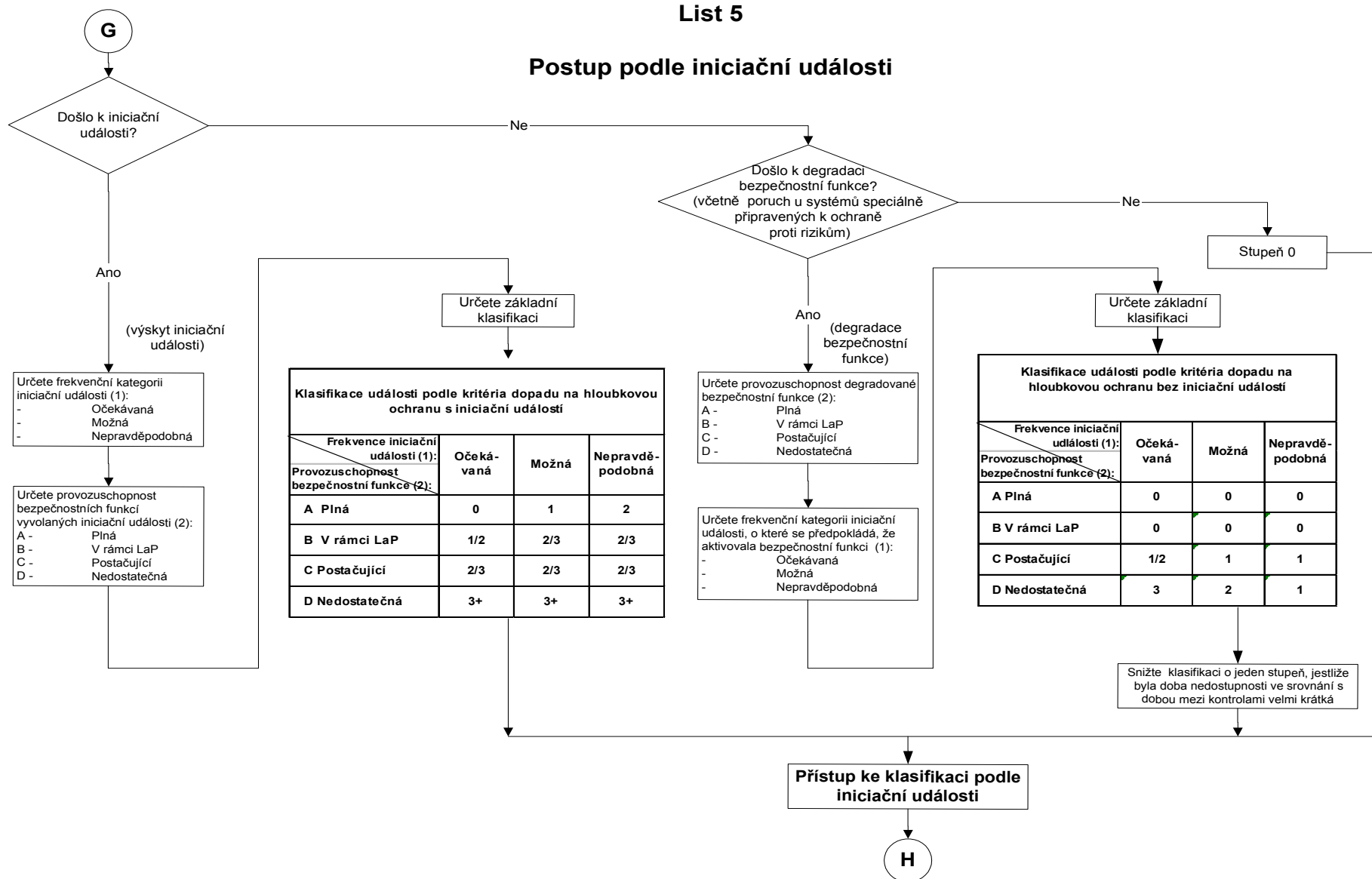
List 4

Dílčí procedura hloubková ochrana



List 5

Postup podle iniciační události

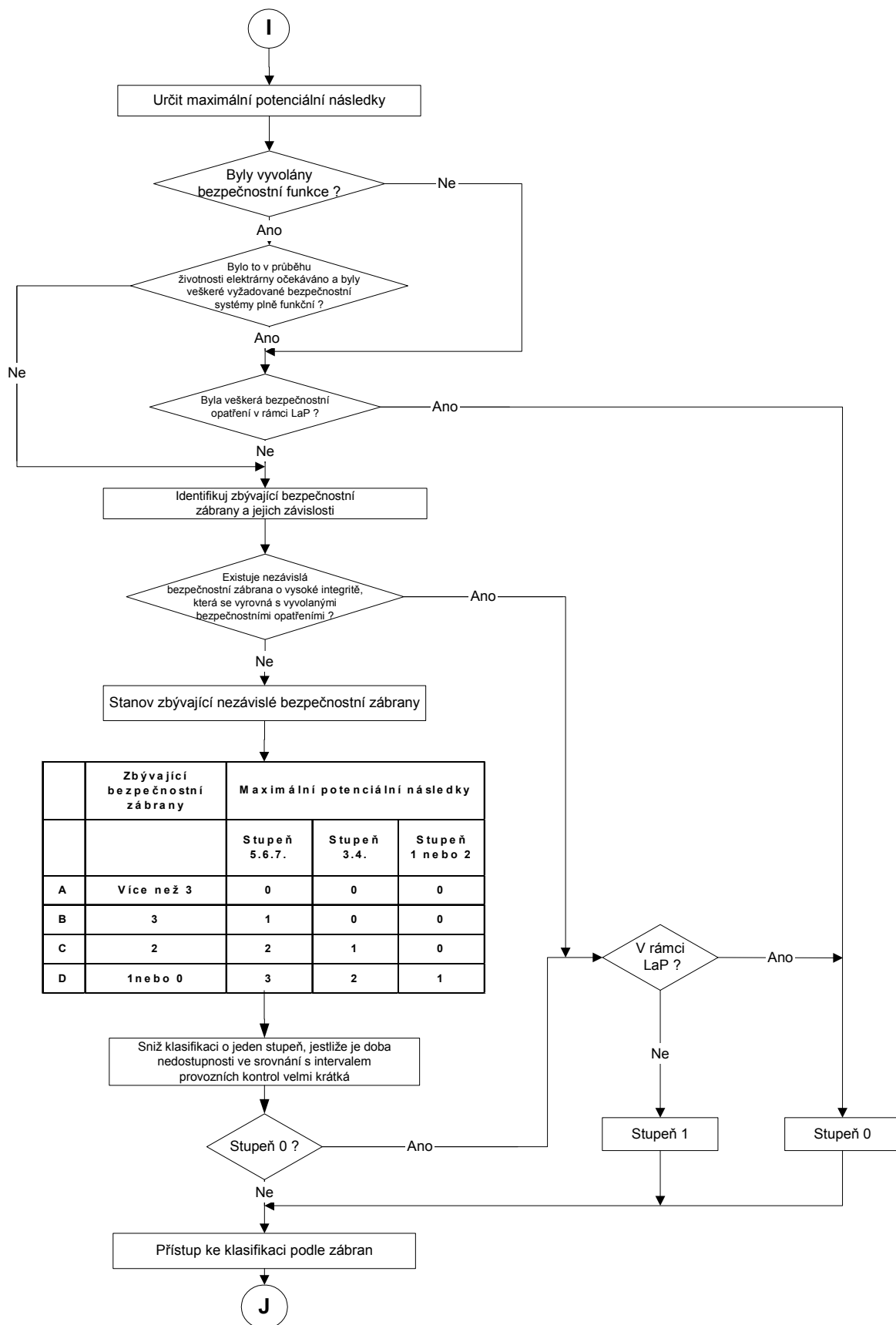


Poznámky k Listu 5

1. Definice iniciační události a iniciační frekvence: iniciační událost je jev, který spustí bezpečnostní systémy a vyžaduje jejich zafungování. V praxi se může iniciační událost od jevu, který ji spustí, odlišovat. Frekvenční kategorie iniciačních událostí jsou následující:
 - Očekávané: iniciační události, u kterých se očekává, že se jednou nebo vícekrát v průběhu životnosti zařízení vyskytnou.
 - Možné: iniciační události, které nejsou „očekávané“, ale mají předvídanou frekvenci v průběhu životnosti zařízení vyšší než 1 % (například 3×10^{-4} /rok).
 - Nepravděpodobné: iniciační události zvažované v projektu zařízení, ale jež jsou méně pravděpodobné než události uvedené výše.
2. Provozoschopnost bezpečnostních funkcí: Existují tři základní bezpečnostní funkce: (a) řízení reaktivity nebo podmínek tohoto procesu; (b) chlazení radioaktivního materiálu; (c) oddělení radioaktivního materiálu od prostředí. Funkce se dosahuje bezpečnostními systémy, včetně podpůrných systémů, jako je dodávka elektrického proudu, zálohy chlazení a přístrojů. K vytvoření rámce pro klasifikace událostí se berou do úvahy čtyři úrovně provozuschopnosti bezpečnostních funkcí:
 - A - Plná: veškeré bezpečnostní systémy a komponenty určené projektem k vyrovnání se s jednotlivými iniciačními událostmi jsou plně provozuschopné.
 - B - Minimálně požadovaná (Limity a podmínkami (LaP)): minimální provozuschopnost bezpečnostních systémů stanovených v LaP pro plynulé pokračování provozu na výkonu, dokonce i po omezenou dobu.
 - C - Postačující: úroveň provozuschopnosti bezpečnostních systémů je dostatečná k dosažení vlastní bezpečnostní funkce pro právě zvažovanou iniciační událost.
 - D - Nedostatečná: degradace provozuschopnosti bezpečnostních systémů je taková, že bezpečnostní funkce nemohou být plněny.

List 6

Postup dle bezpečnostních zábrán



Poznámky k Listu 6

1. Bezpečnostní zábrana vysoké integrity by měla mít všechny následující charakteristiky:

- (a) Bezpečnostní zábrana je projektována k zachycení všech relevantních projektových poškození a je explicitně nebo implicitně uznána v bezpečnostní zprávě jaderného zařízení jako funkce vyžadující zvláště vysokou úroveň spolehlivosti nebo integrity.
- (b) Integrita bezpečnostní zábrany je zajištěna prostřednictvím vhodného monitorování nebo inspekce tak, aby bylo nalezeno jakékoliv porušení integrity.
- (c) Jestliže je zjištěno jakékoliv poškození bezpečnostní zábrany, existují jasné způsoby k řešení takové situace a nasazení nápravných opatření, buď prostřednictvím předem definovaných postupů, nebo v důsledku dlouhých časových intervalů, které jsou ke zmírnění události k dispozici.

ČÁST III.

DOPAD NA OKOLÍ A UVNITŘ ZAŘÍZENÍ

III-1. DOPAD VNĚ ZAŘÍZENÍ

III-1.1. Obecný popis

Klasifikace událostí podle kriteria dopadu na okolí (vně zařízení) bere v úvahu skutečný radiační dopad na okolí jaderného zařízení. Ten může být vyjádřen buď množstvím uvolněné aktivity nebo zhodnocením dávky, kterou obdrží obyvatelstvo. Všeobecně se akceptuje, že u velké havárie v zařízení nebude v počátečním stadiu možné přesně určit velikost úniku do okolí. Nicméně by mělo být možné únik odhadnout a tedy přiřadit události na stupnici INES prozatímní klasifikaci. Je možné, že si následné přehodnocení rozsahu úniku vynutí revizi počátečního odhadu klasifikace události na této stupnici.

V této souvislosti je důležité poznamenat, že jako základ pro klasifikaci není používán rozsah havarijní odezvy. Detaily plánování opatření proti haváriím v jaderných elektrárnách se v jednotlivých zemích liší a je možné, že v některých případech mohou být přijímána preventivní opatření, i když ještě nejsou vzhledem ke skutečnému rozsahu úniku potřebná. Z tohoto důvodu to jsou velikost úniku a vyhodnocená dávka, které by měly být použity ke klasifikaci události, a nikoliv ochranné akce uskutečňované v souladu s havarijními plány.

Bylo vybráno pět úrovní, počínaje stupněm 7, kdy se velká část radioaktivního inventáře aktivní zóny komerční jaderné elektrárny uvolní, až po stupeň 3, kdy dávka pro obyvatele je číselně rovna jedné desetíně ročního limitu. Pro stupeň 3 a 4 je k určení vhodného stupně klasifikace uvažován dávkový úvazek kritické skupiny obyvatel. Pro stupeň 5–7 vychází definice z množství uvolněné aktivity uvažované jako radiologická ekvivalence vyjádřená v TBq ¹³¹I. Důvodem této změny je skutečnost, že u rozsáhlejších úniků bude skutečně obdržená dávka velmi silně záviset na přijatých protipatřeních.

Úrovně úniků byly stanoveny tak, že se berou v úvahu pravděpodobná protipatření. Tak bylo odhadnuto, že by únik na stupni 5 mohl způsobit dávky desetkrát vyšší než dávky definované pro stupeň 4. Samozřejmě skutečné množství uvolněné aktivity odpovídající hranici pro stupeň 5 je výrazně více než o jeden řád vyšší, než by odpovídalo minimální velikosti úniku odpovídajícímu havárii hodnocené stupněm 4.

Pro události pod stupněm 3 se při jejich klasifikaci považuje únik do okolí za nevýznamný. Na těchto nižších úrovních musí být pro účely klasifikace posuzován pouze únik uvnitř zařízení a dopad události na hloubkovou ochranu.

Události klasifikované podle kritéria úniku do okolí mohou být dvou typů. Oba bere na zřetel níže uvedená definice. První se vztahuje k únikům, které budou značně rozptýleny, takže dávky sice budou malé, ale zasáhnou velký počet obyvatel. Druhý se vztahuje k takovým dávkám, které mohou nastat u ztraceného zdroje ionizujícího záření nebo u události při přepravě – k dávkám, které mohou být větší, ale zasáhnou mnohem menší počet osob. Pro tyto události se podává specifický návod v definicích u stupňů 3 a 4. Definice stupňů 5–7 zahrnují oba typy událostí.

III-1.2. Definice stupňů

Stupeň 7. Velký únik

Definice: **Únik do okolí odpovídající množství radioaktivity s radiologickou ekvivalencí¹ úniku do atmosféry řádu desítek tisíc nebo více TBq ¹³¹I.**

To odpovídá úniku velké části radioaktivního inventáře aktivní zóny energetického reaktoru typicky zahrnující směs radioaktivních štěpných produktů s dlouhými i krátkými poločasy rozpadu. Při takovém úniku může dojít k akutním zdravotním následkům. Očekávají se opožděné zdravotní následky na rozsáhlém území, zahrnujícím možná více než jednu zemi. Pravděpodobné jsou také dlouhodobé dopady na životní prostředí.

Stupeň 6. Významný únik

Definice: **Únik do okolí odpovídající množství radioaktivity s radiologickou ekvivalencí¹ úniku do atmosféry od řádu tisíců po desítky tisíc TBq ¹³¹I.**

U takového úniku je pravděpodobné, že v zóně havarijního plánování budou zvažována ochranná opatření, jako jsou ukrytí a evakuace obyvatelstva, aby se omezily následky na zdraví.

Stupeň 5. Omezený únik

Definice: **Únik do okolí odpovídající množství radioaktivity s radiologickou ekvivalencí¹ úniku do atmosféry od řádu stovek po tisíce TBq ¹³¹I.**

S cílem minimalizovat pravděpodobnost zdravotních následků se budou v důsledku faktického úniku pravděpodobně vyžadovat některá ochranná opatření, jako je lokální ukrytí a/nebo evakuace.

Stupeň 4. Menší únik

Definice: **Únik radioaktivity do okolí vedoucí k dávce (jak je definováno v části III – 1.3.) u kritické skupiny řádu několika milisievertů, nebo při události, jako je ztracený zdroj či událost při přepravě vedoucí k dávce na jednoho obyvatele větší než 5 Gy (tj. k dávce s velkou pravděpodobností časného úmrtí).**

V důsledku faktického úniku jsou ochranná opatření vně zařízení nepravděpodobná, s výjimkou možné kontroly potravin. Nicméně mohou být provedena další opatření jako prevence dalšího zhoršování stavu zařízení. Stav zařízení se bere v úvahu v jiných oblastech (dopad uvnitř zařízení a dopad na hloubkovou ochranu).

Stupeň 3. Velmi malý únik

Definice: **Únik radioaktivity do okolí vedoucí k dávce (jak je definováno v části III – 1.3.) u kritické skupiny řádu desetin milisievertů, nebo při události, jako je ztracený zdroj či událost při přepravě vedoucí k takové dávce na jednoho**

obyvatele, že jsou jejím důsledkem akutní zdravotní následky (jako celotělové ozáření řádu 1 Gy a ozáření povrchu těla v řádu 10 Gy).

Vzhledem k takovému úniku se nevyžadují havarijní opatření vně zařízení. Nicméně taková opatření mohou být přijata s cílem prevence pro případ zhoršení stavu zařízení. Stav zařízení je brán v úvahu v jiných oblastech (dopad uvnitř zařízení a dopad na hloubkovou ochranu).

III-1.3. Výpočet radiologické ekvivalence dávky

Pro stupně 5–7 je pravděpodobné, že bude uplatněn zákaz požívání potravin z daného území, a tudíž relativní radiační význam úniku do atmosféry by měl být posuzován srovnáním celkového efektivního dávkového úvazku od všech radionuklidů z inhalace, z externí dávky dané přechodem radioaktivního oblaku a dlouhodobého externího ozáření radioaktivním spadem, tj. ze všech cest s výjimkou příjmu potravin (ingesce). S využitím předpokladů uvedených v příloze 1 byly pro daný soubor izotopů vypočítány multiplikační faktory, které jsou uvedeny v tabulce I. Faktický únik aktivity by měl být násoben daným faktorem a poté srovnán s hodnotami danými definicí pro jednotlivé stupně.

Pro stupně 3 a 4 je pravděpodobné, že zákaz příjmu potravin z daného území bude uplatněn minimálně, nebo vůbec ne. Relativní radiační význam se hodnotí porovnáváním dávkového úvazku u kritické skupiny pro příjem všemi cestami. Toto by mělo být stanoveno s využitím standardních národních postupů hodnocení dávky. V úvahu se nebere ani směr větru ani roční období v okamžiku, kdy k úniku došlo. Pro stupně 3 a 4 není možné stanovit multiplikační faktory, poněvadž dávka obdržená prostřednictvím příjmu potravin bude závislá na místní zemědělské praxi.

TABULKA I. RADIOLOGICKÁ EKVIVALENCE PRO DOPAD DO OKOLÍ (vztahuje se pouze na stupně 5–7)

Izotop	Multiplikační faktor
^3H	0,02
^{131}I	1
^{137}Cs	30
^{134}Cs	20
^{132}Te	0,3
^{54}Mn	4
^{60}Co	50
^{90}Sr	10
^{106}Ru	7
$^{235}\text{U}(\text{S})^{\text{a}}$	800
$^{235}\text{U}(\text{M})^{\text{a}}$	300
$^{235}\text{U}(\text{F})^{\text{a}}$	100
$^{238}\text{U}(\text{S})^{\text{a}}$	700
$^{238}\text{U}(\text{M})^{\text{a}}$	300
$^{238}\text{U}(\text{F})^{\text{a}}$	50
U_{nat}	800
^{239}Pu (třída Y)	10 000
^{241}Am	9 000
Vzácné plyny	zanedbatelný (efektivně 0)

Kapalné úniky, v jejichž důsledku je dávka u kritické skupiny výrazně vyšší, než by odpovídalo stupni 4, by měly být ohodnoceny stupněm 5 nebo i výše, ovšem hodnocení

^a Typy absorpce plicemi: S – pomalá, M – střední, F – rychlá. Při nejistotě se bere nejkonzervativnější hodnota.

radiologické ekvivalence je specifické pro dané zařízení, a proto zde nemůže být podán podrobný návod.

III-2. DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ

III-2.1. Obecný popis

Klasifikace událostí podle kriteria dopadu uvnitř jaderného zařízení bere v úvahu skutečný radiační dopad uvnitř jaderného zařízení, nehledě na možný dopad na okolí nebo na důsledky pro hloubkovou ochranu. Uvažuje rozsah většího radiačního poškození, například tavení aktivní zóny, rozšíření radioaktivních produktů za meze projektovaného kontejnmentu a úrovně dávek pracovníkům .

Události, jejichž výsledkem je radiační poškození jsou hodnoceny stupni 4 a 5, události s následkem kontaminace se klasifikují stupni 2 a 3 a události s následkem velkých dávek pracovníkům jsou klasifikovány stupni 2–4. Rozsah kontaminace je měřen buď množstvím rozptýlené radioaktivity, nebo příkonem dávkového ekvivalentu. Tato kritéria se vztahují k příkonu dávkového ekvivalentu v pracovních prostorách, ale neznamená to, že v nich musí být přítomen personál. Neměla by se zaměřovat s kritérii dávek pro pracovníky, která se vztahují k dávkám skutečně obdrženým.

Všeobecně se přijímá, že přesná povaha poškození zařízení nemusí být nějakou dobu následující po havárii známá, právě v důsledku povahy důsledků pro zařízení. Nicméně mělo by být možné provést hrubý odhad pravděpodobnosti, zda jde o malé či velké poškození, a rozhodnout o prozatímní klasifikaci události stupněm 4 nebo 5. Je možné, že následující přehodnocení stavu zařízení může vyústit ve změnu předběžné klasifikace.

Při klasifikaci nižší než stupeň 2, je pro účely stanovení stupně dopad na zařízení považován za nevýznamný; na těchto úrovních se musí brát v úvahu pouze dopad na hloubkovou ochranu.

III-2.2. Definice stupňů

Stupeň 5. Těžké poškození aktivní zóny reaktoru nebo radiačních bariér

Definice: Je roztaveno více než několik procent paliva v aktivní zóně, nebo se uvolnilo více než několik procent radioaktivního inventáře aktivní zóny z palivových souborů. Nehoda uvnitř lokality zařízení na jiném jaderném zařízení zahrnující velký únik radioaktivity (srovnatelný s tavením aktivní zóny) uvnitř zařízení s vážnou radiační hrozbou pro okolí.

Příkladem havárie zařízení bez reaktoru může být velká havárie s kritičností nebo rozsáhlý požár nebo výbuch s uvolněním velkého množství aktivity uvnitř zařízení.

Stupeň 4. Významné poškození aktivní zóny reaktoru nebo radiačních bariér nebo smrtelné ozáření pracovníka

Definice: Nedošlo k žádnému tavení paliva a nebylo uvolněno více než 0,1% radioaktivního inventáře aktivní zóny z palivových souborů. Událost na zařízení bez reaktoru zahrnující únik několika tisíc TBq aktivity z jejího

primárního kontejnmentu¹, která nemůže být vrácena do uspokojivých skladovacích prostor.

Externí ozáření jednoho nebo více pracovníků, jehož výsledkem je dávkový úvazek větší než 5 Gy (tj. s vysokou pravděpodobností časného úmrtí).

Stupeň 3. Těžké rozšíření kontaminace a/nebo ozáření pracovníka způsobující akutní zdravotní následky.

Definice: Událost s následkem dávkového příkonu nebo kontaminace takové úrovně, že jejím důsledkem je nebo by mohlo být takové ozáření jednoho nebo více pracovníků, že by vedlo k akutním zdravotním následkům (jako celotělové ozáření řádu 1 Gy a ozáření povrchu těla v řádu 10 Gy)². Události s důsledkem úniku několika tisíc TBq aktivity do sekundárního kontejnmentu (viz ²), kde může být materiál vrácen do vyhovujících skladovacích prostor.

Stupeň 2. Velké rozšíření kontaminace a/nebo ozáření pracovníků překračující povolený limit.

Definice: Událost s následkem dávky u jednoho nebo více pracovníků, překračující povolený roční dávkový limit pro zaměstnance.

Událost vedoucí k sumární dávce gama a neutronů větší než 50 mSv/hod v provozních prostorách zařízení (dávka měřena ve vzdálenosti 1 m od zdroje). Událost vedoucí k výskytu významného množství radioaktivity v prostorách zařízení, které k tomu nejsou určeny projektem (viz definice na konci části IV) a která vyžaduje nápravná opatření. V této souvislosti je třeba termín „významné množství“ vykládat jako:

- (a) Kontaminaci kapalinami zahrnující celkovou aktivitu odpovídající radiační aktivitě několika stovek GBq ¹⁰⁶Ru.
- (b) Rozsypání pevného radioaktivního materiálu s radiačním významem odpovídajícím radiační aktivitě několika stovek GBq ¹⁰⁶Ru za předpokladu že, úrovně kontaminace povrchů a aerosoly desetkrát převyšují povolené limity pro kontrolované pásmo (viz definice v závěru části IV).
- (c) Únik plyných radioaktivních materiálů, obsažených v budově v množstvích ekvivalentní radiačnímu významu desítek GBq ¹³¹I.

III-2.3. Výpočet radiologické ekvivalence dávky

Předpoklady, které mají být použity pro výpočet radiologické ekvivalence pro dopad uvnitř zařízení jsou dány v příloze 1. Na základě těchto předpokladů byly vypočítány multiplikační faktory pro soubor izotopů, který je uveden v tabulce II. Skutečně uvolněné aktivity by měly být násobeny daným faktorem a po té srovnány s hodnotami danými definicemi pro každý stupeň buď pro ¹³¹I nebo ¹⁰⁶Ru.

¹ V tomto kontextu se termín primární a sekundární kontejnment vztahuje ke kontejnmentu radioaktivního materiálu v jaderných zařízeních neobsahujících reaktor a neměl by být zaměňován s podobným termínem používaných pro kontejnment jaderného reaktoru.

² Toto vyžaduje posouzení vycházející z dávkového příkonu, času a ochranných opatření.

TABULKA II. RADIOLOGICKÁ EKVIVALENTNOST PRO DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ

Izotop	Multiplikační faktor pro ekvivalenci s ¹³¹ I	Multiplikační faktor pro ekvivalenci s ¹⁰⁶ Ru
³ H	0,002	0,0006
¹³¹ I	1	0,3
¹³⁷ Cs	0,6	0,2
¹³⁴ Cs	0,9	0,3
¹³² Te	0,3	0,1
⁵⁴ Mn	0,1	0,03
⁶⁰ Co	1,5	0,5
⁹⁰ Sr	7	2
¹⁰⁶ Ru	3	1
²³⁵ U(S) ^a	600	700
²³⁵ U(M) ^a	200	200
²³⁵ U(F) ^a	50	20
²³⁸ U(S) ^a	500	30
²³⁸ U(M) ^a	100	170
²³⁸ U(F) ^a	50	20
U _{nat}	600	200
²³⁹ Pu (třída Y)	9 000	3 000
²⁴¹ Am	2 000	700
Vzácné plyny	zanedbatelný (efektivně 0)	zanedbatelný (efektivně 0)

^a Typy absorpce plicemi: S – pomalá, M – střední, F – rychlá. Při nejistotě se bere nejkonzervativnější hodnota.

ČÁST IV.

DOPAD NA OCHRANU DO HLOUBKY

Tato část příručky je rozdělena do tří hlavních oddílů. První podává přehled o tom, co znamená hloubková ochrana. To bude pravděpodobně většině čtenářů známé. Druhý oddíl uvádí obecné principy, které mají být využívány při klasifikaci událostí podle jejich dopadu na hloubkovou ochranu. Protože je sem potřeba zahrnout široké spektrum zařízení a událostí, jsou svou postatou obecné. Aby bylo zajištěno, že jsou používány odpovídajícím způsobem, podává podrobnější návod třetí oddíl. Návod je dále rozšířen v části V, která podává specifický návod pro jisté typy událostí a poskytuje množství pracovních příkladů.

IV-1. PŘEHLED CELKOVÉHO POJETÍ

Vyvarování se radiačním haváriím a nehodám, a tudíž bezpečnost jaderného zařízení, je založeno na dobrém projektu a správném provozu. Pro oba tyto aspekty je obecně uplatňována hloubková ochrana a je zohledněna možnost selhání zařízení, lidskou chybu a výskyt neplánovaných jevů.

Definice hloubkové ochrany, jak ji vytvořila Mezinárodní poradní skupina k jaderné bezpečnosti (INSAG), je následující:

„Ke kompenzaci možných lidských a mechanických selhání je zaveden koncept hloubkové ochrany, soustředěný na několik úrovní ochrany včetně posloupnosti bariér zabraňujících úniku radioaktivního materiálu do životního prostředí. Koncept zahrnuje ochranu bariérami k odvrácení poškození jaderné elektrárny a ochranu samotných bariér. Zahrnuje rovněž další opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí před nebezpečím v případě, že tyto bariéry nebudou plně účinné“³.

Podobná opatření hloubkové ochrany jsou přijata ve všech jaderných zařízeních i při přepravě radioaktivních materiálů. Pokrývají ochranu obyvatelstva a pracovníků a zahrnují prostředky k prevenci přenosu materiálu do slabě stíněných míst i opatření zabraňující radioaktivnímu úniku. Hloubková ochrana tudíž představuje kombinaci konzervativního projektu, zajištění jakosti, činností dozoru, zmírňujících opatření a obecné kultury bezpečnosti, která posiluje každou úroveň postupných bezpečnostních ochranných opatření.

Bezpečný provoz udržují tři základní bezpečnostní funkce:

- (a) Řízení reaktivity nebo podmínek tohoto procesu;
- (b) Chlazení radioaktivního materiálu;
- (c) Zádržný systém/izolace pro radioaktivní materiál.

Každá z bezpečnostních funkcí je zajištěna dobrým projektem, správným řízením provozu, souborem systémů a administrativních kontrol. V bezpečnostních zprávách jaderných zařízení se mohou provozní systémy odlišovat od bezpečnostních opatření; jestliže selžou provozní systémy pak s cílem udržet bezpečnostní funkci zapůsobí dodatečná bezpečnostní opatření. Bezpečnostní opatření mohou být předpisy, administrativní kontroly,

³ Mezinárodní poradní skupina k jaderné bezpečnosti (INSAG – INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP), Základní principy jaderné bezpečnosti pro jaderné elektrárny, 75-INSAG, IAEA, Vienna (1999), 17.

pasivní nebo aktivní systémy, které jsou obvykle zálohované/redundantní a jejichž provozuschopnost je kontrolována provozními limity a podmínkami (LaP.)

Frekvence vyvolání/zapůsobení bezpečnostních opatření je minimalizována dobrým projektem, provozem, údržbou, dozorem a podobně. Například frekvence selhání primárního okruhu reaktoru je minimalizována projektovou rezervou, zajištěním jakosti, provozními limity atd. Podobně frekvence přechodových stavů reaktoru se minimalizuje provozními postupy, kontrolními systémy atd. Normální provozní a kontrolní systémy přispívají k minimalizaci frekvence vyvolání bezpečnostních opatření.

V některých situacích frekvenci vyvolání bezpečnostních opatření nelze výrazně redukovat, např. pokus vstupu do kobek potenciálně obsahujících zdroje ionizujícího záření. V těchto případech jsou bezpečnostní funkce zajištěny výhradně bezpečnostními opatřeními s přiměřenou celistvostí.

IV-2. OBECNÉ PRINCIPY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ

Tento návod je určen pro používání u širokého spektra jaderných zařízení, kde se bude výrazně lišit radioaktivní inventář i časové rozměry událostí. Tyto důležité faktory musí být při klasifikaci událostí brány v úvahu a zde poskytovaný návod je tudíž nevyhnutelně obecný a musí být aplikován s rozvahou. Specializovanější návod podávají závěrečné části.

Ačkoliv jsou k dispozici nad stupněm 0 pro klasifikaci dopadu na hloubkovou ochranu ještě tři stupně, pro některá jaderná zařízení jsou maximální možné dopady uvnitř a vně zařízení limitovány jejich radioaktivním inventářem a mechanismy uvolnění. Nepochybně nejvyšší možný stupeň zohledňující dopad do hloubkové ochrany tam, kde je havárii zabráněno, by měl být nižší než maximálně možný stupeň vzhledem k dopadu uvnitř zařízení nebo okolí. Jestliže maximální možný dopad uvnitř zařízení nebo na okolí pro definovanou činnost nemůže být vzhledem k omezenému potenciálu následků větší než stupeň 4, je nejvyšší klasifikace stupněm 2 přiměřená pro dopad do hloubkové ochrany. Podobně jestliže maximální možný stupeň nemůže překročit 2, potom maximální klasifikace dopadu do hloubkové ochrany bude stupeň 1.

Jedno zařízení může samozřejmě pokrývat celou škálu činností a každá činnost musí být v tomto kontextu posuzována odděleně. Například skladování odpadů a provoz reaktoru by měly být posuzovány jako oddělené činnosti, i když se nacházejí v jednom zařízení.

Je-li určen horní limit klasifikace podle hloubkové ochrany, je přístup ke klasifikaci založen na posouzení, zda by událost byla mohla vést k havárii. Nepoužívají se přímo techniky pravděpodobnostního hodnocení, ale posuzuje se, zda byla vyvolána/aktivována bezpečnostní opatření a jaká další selhání bezpečnostních opatření by vedla k havárii. Posuzování se rovněž zaměřuje na to, zda v přístupu k bezpečnostní kultuře nejsou evidentní pochybení, která mohla vést ke zvýšení pravděpodobnosti události vedoucí k havárii.

Ke klasifikaci události by se měly dodržovat následující kroky:

- (1) Horní limit klasifikace podle hloubkové ochrany by měl být stanoven na základě posouzení maximálního potenciálu radiačních následků (tj. maximální možnou klasifikaci pro odpovídající činnosti v daném zařízení při hodnocení dopadu uvnitř a vně zařízení). Další návod ke stanovení maximálních možných následků je uveden v části IV – 3.1.
- (2) Základní klasifikace by poté měla být určena uvážením počtu a účinnosti dostupných/provozních bezpečnostních opatření (hardware a administrativní) k prevenci, dozoru a zmírňování, včetně aktivních a pasivních bariér. Při identifikaci počtu a účinnosti takových opatření je důležité uvažovat čas, který je k dispozici, a čas

požadovaný pro identifikaci a nasazení přiměřených nápravných opatření. Další návod k hodnocení bezpečnostních opatření uveden v části IV – 3.2.

- (3) Navíc by mělo být, vedle výše uvedených hodnocení, zvaženo zvýšení základní klasifikace podle postupů vysvětlených v části IV – 3.3, a to v rámci horního limitu pro hloubkovou ochranu stanoveného v položce (1) výše. Zvýšení stupně je možné pro takové aspekty události, které mohou indikovat hlubší degradaci zařízení nebo jeho organizační soustavy. Zvažovanými faktory jsou poruchy se společnou příčinou, nedostatečnosti provozních postupů a nedostatky v kultuře bezpečnosti. Takové faktory nejsou zahrnuty v základní klasifikaci a mohou ukázat, že význam události je z hlediska hloubkové ochrany větší, než bylo uvažováno při základní klasifikaci. Podle toho, s cílem ohlásit veřejnosti skutečný význam události, se zvažuje zvýšení klasifikace o jeden stupeň.

Samozřejmě stejně jako posuzování podle ochrany do hloubky, se musí každá událost rovněž hodnotit vůči dopadu uvnitř a vně jaderného zařízení.

IV-3. DETAILNÍ NÁVOD KE KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ

IV-3.1. Určení maximálních možných následků

K hodnocení událostí ovlivňujících většinu paliva v aktivní zóně reaktoru nebo většinu paliva v bazénu skladování energetického reaktoru není obecně nutné maximální možné následky speciálně zvažovat. Teoretická možnost rozsáhlého úniku se uznává, a tudíž horní limit pro klasifikaci podle hloubkové ochrany je stupeň 3.

Pro jiná zařízení nebo pro aktivity zahrnující pouze malý podíl inventáře aktivní zóny (např. manipulace s palivem) je maximální možné následky (tj. maximální možnou klasifikaci pro dopad na okolí nebo dopad uvnitř zařízení) nezbytné uvažovat v případě, kdy selžou veškerá bezpečnostní opatření. U některých zařízení nelze dospět k nejvyšším stupňům klasifikace INES ani pro extrémně nepravděpodobné události. Maximální možné následky nejsou specifické pro typ události, ale vztahují se k souboru provozů v zařízení.

Při hodnocení maximální možné klasifikace pro dopad na okolí nebo dopad uvnitř zařízení by měly být respektovány následující všeobecné principy:

- (a) Jakákoliv lokalita může obsahovat několik jaderných zařízení s různými úkoly prováděnými v jednotlivých zařízeních. Tudíž by maximální možná klasifikace měla být specifická pro typ zařízení, v němž k události došlo nastala, a pro typ činnosti, která právě probíhala.
- (b) Je nezbytné uvažovat nejen radioaktivní inventář zapojený do události, jeho fyzikální a chemické vlastnosti, ale také mechanismus, jímž mohla být aktivita rozptýlena.
- (c) Posuzování by se nemělo soustředit na scénáře zhodnocené v bezpečnostních analýzách jaderného zařízení, ale měly by se brát v úvahu fyzicky možné havárie, když veškerá bezpečnostní opatření ohrožená událostí jsou nedostatečná.

Tyto principy mohou být ilustrovány následujícími příklady:

- (1) Při událostech spojených s údržbou vstupů do hermetických uzávěrů kobek je pravděpodobné, že se maximální možný následek bude vztahovat k ozáření pracovníka. Jestliže je hladina dávkového příkonu dostatečně vysoká, aby způsobila úmrtí pracovníka, pokud do kobky vstoupí, a nejsou přijata žádná zmírňující opatření, pak bude maximální možná klasifikace stupeň 4 pro dopad uvnitř zařízení.
- (2) Při událostech týkajících se malých výzkumných reaktorů (tj. s výkonem nižším než 1 MW), přestože existuje fyzikální mechanismus k rozptýlení značné části

radioaktivního inventáře aktivní zóny (buď v důsledku havárie s kritičností nebo v důsledku ztráty chlazení paliva), úplný inventář je takový, že maximální možná klasifikace by nemohla být vyšší než stupeň 4, ať už pro dopad uvnitř nebo vně zařízení, a to i v situaci, kdy selžou veškerá bezpečnostní opatření.

- (3) Pro zařízení na přepracování vyhořelého paliva a pro jiná zařízení zpracovávající plutoniové sloučeniny, inventář i existující mechanismus k rozptýlení značné části tohoto inventáře (buď v důsledku havárie s kritičností nebo v důsledku požárů či chemických výbuchů) jsou takové, že maximální možná klasifikace by mohla být, pokud selžou všechna bezpečnostní opatření, vyšší než stupeň 4, ať už pro dopad uvnitř nebo vně zařízení.
- (4) Pro výrobu uranového paliva a obohacovací závody mají úniky chemické a radiační bezpečnostní aspekty. Je třeba zdůraznit, že chemická rizika daná toxicitou fluóru nebo uranu převažují nad rizikem radiačním. Stupnice INES je ovšem určena pouze k hodnocení radiačních nebezpečí. Z radiačního hlediska nejsou myslitelné žádné těžké následky překračující stupeň 4 následkem úniku uranu nebo jeho sloučenin.

IV-3.2. Určení základní klasifikace s uvážením účinnosti bezpečnostních opatření

Protože bezpečnostní analýzy provozu energetických reaktorů se zpracovávají podle obvyklé mezinárodní praxe, lze podat specifitější návod, jak posuzovat bezpečnostní opatření pro události zahrnující reaktory na výkonu. Navíc, jak je poznamenáno na začátku části IV-3.1., klasifikace nemusí explicitně uvažovat maximální možné následky. Přístup je založen na posuzování iniciačních událostí, bezpečnostních funkcí a bezpečnostních systémů. Tyto termíny jsou osobám znalým bezpečnostní analýzy známé, přesto je dále uvedeno jejich vysvětlení. Jiné události v zařízeních s jadernými reaktory, např. takové, které jsou spjaty s odstavením reaktoru nebo jiných zařízení v lokalitě, by měly být klasifikovány s využitím přístupu bezpečnostních zábrán popsáným v části IV-3.2.2. Obdobně události zahrnující výzkumné reaktory by měly být hodnoceny s využitím přístupu bezpečnostních zábrán s příslušným zvážením maximálních možných následků a filozofie projektu. Přehled přístupů pro ty, kteří jsou při používání stupnice nováčky, je uveden v příloze II.

IV-3.2.1. Události reaktorů na výkonu

Iniciační událost nebo iniciátor je identifikovaná událost vedoucí k odchylce od normálního provozního stavu a vyvolávající jednu nebo více bezpečnostních funkcí. Iniciační události se v bezpečnostních analýzách využívají k hodnocení přiměřenosti instalovaných bezpečnostních systémů: iniciační událost je děj, který vyžaduje zásah bezpečnostních systémů a jejich funkčnost.

Události s dopadem na hloubkovou ochranu zařízení budou mít obecně dvě formy:

- iniciační událost, která vyžaduje činnost nějakých určitých bezpečnostních systémů projektovaných k tomu, aby se s následky této iniciační události vypořádaly;
- snížená provozuschopnost bezpečnostní funkce kvůli snížené provozuschopnosti jednoho nebo více bezpečnostních systémů bez výskytu iniciační události, pro niž byly bezpečnostní systémy projektovány.

V prvním případě závisí klasifikace události na rozsahu snížené provozuschopnosti dané bezpečnostní funkce. Nicméně závažnost události závisí také na předpokládané frekvenci dané iniciační události.

Ve druhém případě nedochází k žádné odchylce od normálního provozu zařízení, ale zjištěné snížení provozuschopnosti bezpečnostní funkce by mohlo vést k významným

následkům, pokud by skutečně nastala některá z iniciačních událostí, pro niž byl bezpečnostní systém projektován. V takovém případě opět závisí klasifikace události na:

- předpokládané frekvenci možné iniciační události,
- provozuschopnosti příslušné bezpečnostní funkce zajišťované provozuschopností určených bezpečnostních systémů.

Je třeba zdůraznit, že jedna a tatáž událost může spadat do obou kategorií.

Základním přístupem při klasifikaci takových událostí je tedy nalézt frekvenci odpovídajících iniciátorů a provozuschopnost dotčených bezpečnostních funkcí. K nalezení odpovídající základní klasifikace se použijí dvě tabulky. Další informace k odvozování z tabulek jsou uvedeny v příloze III. Detailní návod ke klasifikaci je uveden dále.

IV-3.2.1.1. Určení frekvence iniciační události

Kategorie frekvencí jsou čtyři:

- (1) *Očekávané.* Toto pokrývá iniciační události, u nichž se očekává, že se vyskytnou jednou nebo vícekrát v průběhu životnosti zařízení.
- (2) *Možné.* Iniciační události, které nejsou „očekávané“, ale mají předvídanou frekvenci v průběhu životnosti zařízení vyšší než 1 % (například 3×10^{-4} /rok).
- (3) *Nepravděpodobné.* Iniciační události zvažované v projektu zařízení, ale jež jsou méně pravděpodobné než události uvedené výše.
- (4) *Nadprojektové.* Iniciační události s velmi nízkou frekvencí, normálně nezahrnované do bezpečnostní analýzy zařízení. Pokud jsou proti těmto iniciačním událostem nasazeny ochranné systémy, nemusí nezbytně obsahovat stejnou úroveň zálohování nebo diverzifikace jako opatření proti projektovým haváriím.

Každé zařízení má vlastní seznam a klasifikaci iniciačních událostí. Typické příklady projektových inicializačních událostí zařazených do předchozích kategorií jsou uvedeny v příloze 4. Malé provozní poruchy, které jsou korigovány řídicími systémy (na rozdíl od bezpečnostních systémů), se mezi iniciační události nezahrnují. Iniciační událost se od děje, který zahájí událost může odlišovat; na druhé straně několik rozdílných sekvencí událostí se může sdružovat pod jednou iniciační událostí.

Pro mnoho událostí bude nezbytné posuzovat více než jednu iniciační událost a každá z nich povede k jedné klasifikaci. Například náhlý nárůst výkonu reaktoru by mohl být iniciační událostí vyžadující ochrannou funkci. Úspěšné zapracování ochranného systému by pak vedlo k odstavení reaktoru. Poté by bylo nezbytné považovat odstavení reaktoru za iniciační událost vyžadující funkci chlazení paliva.

IV-3.2.1.2. Provozuschopnost bezpečnostních funkcí

Existují tři základní bezpečnostní funkce:

- (a) Řízení reaktivity nebo podmínek tohoto procesu,
- (b) Chlazení radioaktivního materiálu,
- (c) Oddělení radioaktivního materiálu od prostředí.

Tyto funkce zajišťují pasivní systémy (jako jsou fyzické bariéry) a aktivní systémy (jako je systém ochrany reaktoru). K zajištění vlastní bezpečnostní funkce může přispívat několik bezpečnostních systémů a funkce může být ještě dosaženo dokonce i s jedním nedostupným systémem. Stejnou měrou budou k zajištění bezpečnostní funkce vyžadovány také podpůrné systémy, jako je elektrické napájení, chlazení a napájení přístrojů. Je důležité, že při klasifikaci události se zvažuje plnění bezpečnostní funkce a nikoliv provozuschopnost jednotlivého systému. Systém nebo komponenta musí být považovány za provozuschopné, pokud jsou schopny splnit požadovanou funkci požadovaným způsobem.

Provozuschopnost každého bezpečnostního systému se řídí provozními limity a podmínkami. Ve většině zemí jsou součástí LaP.

Provozuschopnost bezpečnostní funkce pro danou iniciační událost se může pohybovat od stavu, kdy jsou všechny komponenty bezpečnostních systémů připravených k naplnění dané funkce plně provozuschopné, až po stav, kdy jejich provozuschopnost k dosažení bezpečnostní funkce nepostačuje. Pro vytvoření rámce pro klasifikaci událostí jsou uvažovány čtyři kategorie provozuschopnosti funkce.

A. Úplná

Všechny bezpečnostní systémy a komponenty, určené projektem k vyrovnání se s jednotlivými iniciačními událostmi s cílem omezit jejich následky, jsou plně provozuschopné (tj. je k dispozici zálohování/diverzifikace).

B. Minimálně požadované (Limity a podmínkami – LaP)

Minimální provozuschopnost bezpečnostních systémů zajišťujících požadovanou bezpečnostní funkci uvedenou v LaP, povolená pro další pokračování provozu na výkonu, byť i po omezenou dobu. Tato úroveň provozuschopnosti bude obecně odpovídat minimální vyžadované provozuschopnosti různých bezpečnostních systémů, s nimiž může být dosaženo bezpečnostní funkce pro všechny iniciační události uvažované projektem. Pro některé dílčí iniciační události je nicméně ještě zajištěno zálohování a diverzita systémů.

C. Postačující

Úroveň provozuschopnosti bezpečnostních systémů je dostatečná k dosažení vlastní bezpečnostní funkce pro právě zvažovanou iniciační událost. Pro některé bezpečnostní systémy to bude znamenat provozuschopnost nižší, než požadují LaP. Příkladem takové situace by byl případ, kdy je daná bezpečnostní funkce zajišťována diverzifikovanými (různými) systémy a provozuschopnost každého z nich vyžadují LaP, ale provozuschopný je pouze jeden systém. Nebo když veškeré bezpečnostní systémy, které jsou projektovány k zajištění dané bezpečnostní funkce, jsou neschopné provozu po tak krátký časový interval, že daná bezpečnostní funkce, i když je mimo požadavky LaP, je ještě zajištěna jinými prostředky (například bezpečnostní funkce „chlazení paliva“, pokud úplný výpadek napájení trvá jen krátkou dobu). V jiných případech mohou kategorie B a C být totožné.

D. Nedostatečná

Snížení provozuschopnosti bezpečnostních systémů je takové, že bezpečnostní funkce nemohou být pro uvažovanou iniciační událost plněny.

Je třeba poznamenat, že ačkoliv kategorie C a D představují rozsah stavů elektrárny, A a B reprezentují specifické provozuschopnosti. Tedy skutečná provozuschopnost se může

pohybovat mezi kategoriemi A a B, tj. provozuschopnost může být menší než plná, a větší než minimální povolená pro další provoz na výkonu. Toto se rozebírá v části IV – 3.2.3.(a).

IV-3.2.1.3. Stanovení základní klasifikace

K získání základní klasifikace je třeba nejprve rozhodnout, zda byly skutečně aktivovány bezpečnostní systémy (skutečná iniciační událost). Pokud ano, pak je přiměřená část IV – 3.2.1.3(a), jinak odpovídá část IV – 3.2.1.3(b). Jestliže nastane iniciační událost a odhalí sníženou provozuschopnost funkce nevyvolané skutečnou iniciační událostí, může být nutné událost posuzovat s využitím obou oddílů. Například když dojde k rychlému odstavení reaktoru bez ztráty vnějšího napájení a je přitom odhalena snížená provozuschopnost dieselgenerátorů. Pro událost zahrnující možné selhání, například objevení strukturálních defektů, se používá obdobný způsob jako v části IV – 3.2.3.

(a) Události se skutečnou iniciační událostí

Prvním krokem je určit, s jakou frekvencí se u dané iniciační události počítalo v projektu. Při rozhodování o vhodné kategorii je určující frekvence, která se brala v úvahu v bezpečnostní zprávě (zdůvodnění bezpečnosti jaderné elektrárny a jejího provozního rámce). Některé příklady jsou uvedeny v příloze 4.

Druhým krokem je stanovení provozuschopnosti bezpečnostních funkcí vyvolaných iniciační událostí. Je důležité, že jsou uvažovány pouze bezpečnostní funkce vyvolané iniciační událostí. Jestliže je odhalena degradace jiných bezpečnostních systémů, měla by být hodnocena s využitím části IV – 3.2.1.3(b) vůči té iniciační události, která by byla danou bezpečnostní funkcí vyvolala. Je důležité poznamenat, že při rozhodování, je-li provozuschopnost v rámci LaP, jsou přednostně uvažovány požadavky na provozuschopnost před událostí a nikoliv ty, které se uplatní v průběhu události. Je-li provozuschopnost ještě v rámci LaP, ale právě dostatečná, měla by být použita kategorie C.

Hodnocení události by mělo dále být provedeno podle tabulky III. Pokud byla provedena klasifikace, její výběr by měl vycházet ze stupně zálohování a diverzity dostupné pro uvažovaný iniciátor. Jestliže je provozuschopnost bezpečnostní funkce postačující (tj. jedna další porucha by vedla k havárii), je odpovídající hodnocení stupněm 3. V buňce B1 tabulky III by byla odpovídající nižší hodnota, pokud je ještě k dispozici značné zálohování a/nebo diverzita.

Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce větší než minimum požadované LaP, ale je menší než „úplná“, může být pro očekávané iniciační události k dispozici ještě značné zálohování a diverzita. V takovém případě by lépe odpovídala klasifikace stupněm 0.

TABULKA III. UDÁLOSTI SE SKUTEČNOU INICIAČNÍ UDÁLOSTÍ

Frekvence iniciační události	Očekávaná	Možná	Nepravděpodobná
Provozuschopnost bezpečnostní funkce			
A. Úplná	0	1	2
B. V rámci LaP	1/2	2/3	2/3
C. Postačující	2/3	2/3	2/3
D. Nedostatečná	3+	3+	3+

Nadprojektové iniciační události nejsou v tabulce III specificky zahrnuty. Jestliže se taková iniciační událost vyskytne, potom v závislosti na zálohování systémů poskytujících

ochranu je odpovídajícím hodnocením podle ochrany do hloubky stupeň 2 nebo 3. Nicméně je možné, že nadprojektové iniciační události povedou k havárii vyžadující klasifikaci podle dopadu uvnitř nebo vně jaderného zařízení.

Výskyt vnitřních a vnějších ohrožení, jako jsou požáry, vnější výbuchy nebo tornáda, může být s využitím tabulky klasifikován. Riziko by nemělo být samo o sobě považováno za iniciační událost, ale bezpečnostní systémy, které zůstanou provozuschopné, by měly být ohodnoceny vůči iniciační události, k níž došlo a/nebo vůči možným iniciačním událostem.

(b) Události bez skutečné iniciační události

Prvním krokem je určit provozuschopnost bezpečnostní funkce. V praxi nemusí být bezpečnostní systémy nebo jejich komponenty ve stavu plně popsáném v některé ze čtyř uvedených kategorií. Provozuschopnost bezpečnostní funkce může být menší než „úplná“, ale větší než minimum vyžadované LaP, nebo může být celý systém k dispozici, ale degradován ztrátou signalizace dostupnosti. V takových případech by měly být využity odpovídající kategorie ke zjištění možného intervalu klasifikace a na základě samostatné úvahy přiměřenou klasifikaci určit. Jestliže je provozuschopnost právě postačující, ale stále ještě v rámci LaP, měla by být použita kategorie B.

Druhým krokem je určit frekvenci dané iniciační události, pro niž se vyžaduje bezpečnostní funkce. Jestliže existuje více než jedna relevantní iniciační událost, potom musí být brána v úvahu každá. Použita by měla být iniciační událost, která vede k nejvyšší klasifikaci. Jestliže frekvence leží někde na hranici mezi dvěma kategoriemi, musí být posouzení využito vlastního úsudku. V systémech speciálně připravených k ochraně proti rizikům, by mělo být dané riziko považováno za iniciační událost.

Hodnocení události by pak mělo být odvozeno z tabulky IV. Tam, kde je k dispozici výběr klasifikace, by měl být výběr podložen hodnocením, zda je provozuschopnost pouze postačující, nebo zda stále ještě pro uvažovanou iniciační událost existuje zálohování a/nebo diverzita. Jestliže byla doba, po niž nebyla bezpečnostní funkce provozuschopná, ve srovnání s intervalem mezi zkouškami komponent, velmi krátká, je na místě uvažovat o snížení základního hodnocení události.

Nadprojektové iniciační události nejsou v tabulce IV specificky zahrnuty. Tam, kde provozuschopnost zasažené bezpečnostní funkce je menší než minimum vyžadované LaP, je odpovídající stupeň 1. Jestliže je provozuschopnost větší než minimum vyžadované LaP, nebo když LaP nestanovují žádná omezení provozuschopnosti systému, je odpovídající stupeň 0.

TABULKA IV. UDÁLOSTI BEZ SKUTEČNÉ INICIAČNÍ UDÁLOSTI

Frekvence iniciační události	Očekávaná	Možná	Nepravděpodobná
Provozuschopnost bezpečnostní funkce			
A. Úplná	0	0	0
B. V rámci LaP	0	0	0
C. Postačující	1/2	1	1
D. Nedostatečná	3	2	1

IV-3.2.2. Všechny ostatní události, tj. jakékoliv události nespojované s reaktorem na výkonu (přístup zábran)

Ke klasifikaci události je nezbytné zvažovat bezpečnostní opatření a hodnotit počet oddělených bezpečnostních zábran, které zabraňovaly havárii. Při takovém hodnocení je nezbytné brát do úvahy rovněž čas, který je k dispozici, a čas nutný k provedení účinného nápravného opatření. Každý z těchto aspektů je posuzován dále.

IV-3.2.2.1. Čas k dispozici

V některých situacích může být čas, který je k dispozici k provádění nápravných opatření výrazně delší než čas pro taková opatření požadovaný a může umožnit zapojení dalších bezpečnostních zábran. Tyto bezpečnostní zábrany mohou být brány v úvahu za předpokladu, že existují postupy k provedení vyžadovaných činností. V některých případech, může být čas, který je k dispozici takový, že je k dispozici celý soubor bezpečnostních zábran, které lze aktivovat, ačkoliv nebyly v bezpečnostní zprávě detailně identifikovány ani zahrnuty detailní postupy, jak každou z nich aktivovat. V takových případech poskytuje tento dlouhý časový interval vysoce spolehlivou bezpečnostní zábranu, což se musí rovněž, jak se vysvětluje dále, brát do úvahy.

IV-3.2.2.2. Určení bezpečnostních zábran

Bezpečnostní zábrana by měla být považována za bezpečnostní opatření, které nemůže být dále rozloženo do zálohovaných částí. Takže pokud chladicí funkce je poskytována dvěma stoprocentně oddělenými cestami, mělo by se to považovat za dvě bezpečnostní zábrany, pokud nemají společný, nezálohovaný podpůrný systém.

Bezpečnostní zábrany mohou být založeny na pasivním projektu, aktivních komponentách nebo administrativních kontrolách. Mohou zahrnovat postupy dozorování, i když je třeba poznamenat, že dozor sám o sobě neposkytuje bezpečnostní zábranu; jsou rovněž požadovány prostředky k uskutečnění nápravných opatření.

Při zvažování počtu bezpečnostních oddělených hardwarových zábran, je nutné zajistit že jejich účinnost není redukována existencí společného podpůrného systému nebo společnou činností operátora v odpověď na popluchy nebo ukazatele. V takových případech, ačkoliv může existovat několik hardwarových zábran, může být brána v potaz jediná efektivní bezpečnostní zábrana.

Při zvažování administrativních kontrol jako bezpečnostních zábran je důležité ověřit rozsah, pokud mohou být jednotlivé postupy považovány za nezávislé, a zkontrolovat, zda daný postup má dostatečnou spolehlivost, aby mohl být považován za bezpečnostní zábranu. Podrobnější návod zde není možné poskytnout a nevyhnutelně se bude při takovém hodnocení třeba opírat o samostatný úsudek.

V některých případech může být k dispozici bezpečnostní zábrana s vysokou integritou/vysoce celistvá, například správně transportované palivo v přepravním kontejneru, tlaková nádoba reaktoru nebo bezpečnostní opatření založená na přírodně se vyskytujících pasivních jevech, jako je konvekční chlazení. V takových případech, protože je zábrana prokázána jako extrémně vysoce celistvá/spolehlivá, by bylo jasně nepřiměřené ji pouze považovat, s použitím tohoto návodu, za jednoduchou bezpečnostní zábranu. Bezpečnostní zábrana s vysokou integritou/vysoce celistvá by měla mít následující vlastnosti:

- (a) Bezpečnostní zábrana je projektována tak, aby se vyrovnala s veškerými relevantními projektovými závadami a je explicitně nebo implicitně uznána v bezpečnostní zprávě

- jaderného zařízení jako vyžadující zvláště vysokou úroveň spolehlivosti nebo celistvosti;
- (b) Celistvost (integrita) bezpečnostní zábrany je zajištěna prostřednictvím odpovídajícího monitorování nebo inspekci, které zjistí jakoukoliv degradaci;
 - (c) Jestliže je zjištěna jakákoliv degradace bezpečnostní zábrany, existují jasně určené prostředky k vyrovnání se s takovou událostí a prostředky k provedení nápravných opatření prostřednictvím předem určených postupů nebo vzhledem k dlouhým časovým intervalům, které jsou pro opravu nebo zmírnění závady k dispozici.

Příkladem zábrany s vysokou celistvostí by mohla být reaktorová nádoba. Administrativní kontroly by normálně, jak je uvedeno výše, nenaplnily požadavky na zábranu s vysokou celistvostí, ale jisté provozní postupy by se také mohly považovat za zábrany s vysokou celistvostí, jestliže jsou k dispozici velmi dlouhé časové intervaly k provedení požadovaných činností a k nápravě chyb provozovatele/operátora, pokud se chyby vyskytnou, a existuje široké spektrum dostupných akcí.

IV-3.2.2.3. Stanovení základní klasifikace

Jsou-li určeny maximální možné následky a počet účinných bezpečnostních zábran, měla by být základní klasifikace stanovena následovně:

- (1) Bezpečnostní analýza elektrárny určí široké spektrum událostí, které byly uvažovány projektem. Ten připouští, že výskyt některé z nich by mohl být logicky očekáván v průběhu doby životnosti (provozu) elektrárny (tj. budou mít frekvenci větší než $1/N$ za rok, přičemž N je očekávaná doba životnosti elektrárny). Jestliže požadavek na bezpečnostní opatření, k němuž došlo v průběhu události, byl takový, že bezpečnostní systémy připravené k vypořádání s očekávanou událostí byly před událostí plně funkční a chovaly se podle očekávání, měla by být událost hodnocena stupněm 0. Obdobně, pokud není bezpečnostní funkce požadována, ale je objeveno její snížení, měla by být událost hodnocena stupněm 0, pokud je snížena provozuschopnost bezpečnostních opatření ještě v rámci LaP.
- (2) Pro všechny ostatní situace by k určování základní klasifikace měla být používána tabulka V.

Jestliže zbývá pouze jediná bezpečnostní zábrana, ale tato zábrana splňuje všechny požadavky na zábranu s vysokou integritou uvedené výše, byla by přiměřenější základní klasifikace stupněm 0⁵

Jestliže byla doba, po níž nebyla bezpečnostní zábrana provozuschopná, ve srovnání s intervalem mezi zkouškami komponent bezpečnostní zábrany, velmi krátká, je na místě uvažovat o snížení základního hodnocení události. Tento přístup nevyhnutelně vyžaduje více samostatného uvažování, než je popsáno v části IV-3.2.1, ale část V-1 podává návod pro specifické typy událostí a část V-2 poskytuje několik zobecněných příkladů použití přístupu bezpečnostních zábran.

IV-3.2.3. Možné události (včetně narušení struktury materiálu)

Některé události samy o sobě nevyžadují bezpečnostní opatření, ale znamenají zvýšenou pravděpodobnost jejich vyvolání. Jako příklad lze uvést nalezení strukturální poruchy materiálu, únik zastavený zásahem operátora nebo chyby objevené v řídicích systémech procesu. Přístup ke klasifikaci takových událostí je popsán níže.

TABULKA V. KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ PODLE PŘÍSTUPU BEZPEČNOSTNÍCH ZÁBRAN

Maximální možné důsledky	INES	INES	INES
Počet zbývajících bezpečnostních zábrán	stupně 5, 6, 7	stupně 3, 4	stupně 2 nebo 1
A. Více než 3	0 ^a	0 ^a	0 ^a
B. 3	1	0 ^a	0 ^a
C. 2	2	1	0 ^a
D. 1 nebo 0	3	2	1

^a Jestliže provozuschopnost bezpečnostní zábrany byla mimo požadavky LaP, může návod v části IV-3.3 vést ke klasifikaci stupněm 1.

Program provozních kontrol je vytvořen tak, aby odhalil strukturální poruchy materiálu dřívě, než se jejich velikost stane nepřijatelnou. Jestliže je defekt v mezích stanovené velikosti, byla by přiměřená klasifikace stupněm 0. Jestliže je defekt větší, než předpokládá program kontrol, je pro jeho kategorizaci třeba vzít v úvahu dva faktory.

Za prvé by měl být určen bezpečnostní význam poškozené komponenty podle toho, zda defekt vedl k selhání komponenty, s využitím příslušné části oddílu IV-3. Jestliže se používá část IV-3.2.1 (reaktory na výkonu) a jde-li o defekt v bezpečnostním systému, vyplyne horní hranice základní klasifikace z aplikace části IV-3.2.1.3(b). Může být potřebné posoudit možnost chyby se společnou příčinou. Jestliže porucha nastala v komponentě, jejíž závada by mohla vyústit v iniciační událost, potom vyplyne horní hranice základní klasifikace z aplikace části IV 3.2.1.3(a).

Možná klasifikace odvozená tímto způsobem by pak měla být upravena v závislosti na pravděpodobnosti, že by defekt byl býval vedl k selhání komponenty, a zvážením dodatečných faktorů diskutovaných v části IV- 3.3.

Další možné události mohou být hodnoceny obdobným způsobem popsáním výše. Za prvé, význam možného vyvolání bezpečnostní funkce by měl být posuzován podle toho, zda k němu skutečně došlo, a dále by se měl klasifikovat s pomocí příslušné části IV-3. a vycházet při tom z provozuschopnosti bezpečnostních opatření, jaká byla v dané chvíli. Za druhé, klasifikace by měla být snížena podle pravděpodobnosti, zda k možnému vyvolání bezpečnostní funkce by bývalo mohlo dojít rozvojem skutečně se vyskytnuvší události. Stupeň snížení klasifikace události musí být podložen samostatným úsudkem.

IV-3.2.4. Události hodnocené pod stupnicí – stupeň 0

Obecně by měly být události hodnoceny stupněm 0 pouze tehdy, pokud použití výše popsanych postupů nevede k vyšší klasifikaci. Nicméně, za předpokladu, že žádný z dodatečných faktorů diskutovaných v části IV – 3.3 není aplikovatelný, jsou následující typy událostí typické příklady těch, které budou hodnoceny pod stupnicí, stupněm 0:

- Rychlé odstavení reaktoru probíhající normálně;
- Falešné zapůsobení bezpečnostních systémů⁴ následované návratem k normálnímu provozu bez vlivu na bezpečnost zařízení;
- Žádné významné poškození bariér (únik menší než povolují LaP);
- Jednoduché chyby nebo neprovozuschopnost komponent v zálohovaných systémech objevené při plánovaných periodických kontrolách nebo testech.

⁴ Falešné zapůsobení by v tomto ohledu zahrnovalo působení bezpečnostního systému jako výsledek nesprávné funkce kontrolního systému, odchylku přístroje nebo individuální lidskou chybu. Nicméně uvedení bezpečnostního systému do chodu iniciované proměnami fyzikálních parametrů, které byly způsobeny neúmyslnými zásahy kdekoli v elektrárně by nebylo považováno za falešnou iniciaci bezpečnostního systému.

IV-3.3. Uvážení dodatečných faktorů

Zvláštní aspekty mohou vyvolat různé bezpečnostní zábrany hloubkové ochrany současně, a tím se mohou považovat za dodatečné faktory, které mohou opravňovat ke zvýšení klasifikace události o jeden stupeň proti hodnocení provedenému podle předcházejícího návodu.

Hlavní dodatečné faktory s takovým účinkem jsou:

- Poruchy se společnou příčinou,
- Nedostatky v postupech,
- Nedostatky v kultuře bezpečnosti.

V důsledku těchto faktorů se může stát, že událost bude klasifikována stupněm 1, ačkoli sama o sobě, pokud by zmíněné bezpečnostní faktory nebyly brány v úvahu, nemá žádný bezpečnostní význam.

Když se na základě výše uvedených faktorů zvažuje zvýšení základního stupně klasifikace, vyžadují posouzení následující aspekty:

- (1) Některé z výše uvedených faktorů mohly být již zahrnuty při základní klasifikaci, např. porucha se společnou příčinou. Je tudíž důležité dávat pozor, aby takové poruchy nebyly počítány dvakrát. Pro všechny dodatečné faktory je přípustné zvýšit úroveň klasifikace pouze o jeden stupeň.
- (2) Klasifikace události by neměla být zvýšena nad maximální stupeň odvozený podle části IV – 2 a tento maximální stupeň by měl být použit, pouze pokud by došlo k další události (buď očekávaná iniciační událost, nebo selhání další komponenty) a nastala by havárie.

IV-3.3.1. Poruchy se společnou příčinou

Porucha se společnou příčinou je porucha funkce několika komponent nebo zařízení, v důsledku jediné specifické události nebo příčiny. Především může způsobit poruchu zálohovaných komponent nebo zařízení určených k plnění stejné bezpečnostní funkce. To může znamenat, že spolehlivost celé bezpečnostní funkce je mnohem nižší, než se očekává. Závažnost události, při níž porucha se společnou příčinou zasáhne jednu nebo několik komponent, je větší než náhodná porucha zasahující tytéž komponenty.

Události, kdy jsou potíže provozních systémů způsobeny chybějícími nebo zavádějícími informacemi mohou být rovněž klasifikovány vyšším stupněm, na základě jejich chápání jako poruch se společnou příčinou.

IV-3.3.2. Nedostatky v postupech

V důsledku nedostatků v postupech může dojít k současné aktivaci několika bezpečnostních zábran hloubkové ochrany. Takové nedostatky jsou tudíž možným důvodem pro zvýšení stupně klasifikace události. Příklady zahrnují: nesprávné nebo nepřiměřené instrukce pro operátory k řešení událostí (v průběhu havárie v jaderné elektrárně Tree Mile Island v roce 1979 postupy, které měli operátoři použít, nebyly uzpůsobeny situaci, kdy při havarijním chlazení (vstřikováním) došlo ke ztrátě chladiva v parní fázi v kompenzátoru objemu); nebo nedostatky v programu kontrol, které nebyly objeveny normálními postupy zvýrazněné anomáliemi, nebo neprovoznost zařízení delší, než je interval kontrol.

IV-3.3.3. Události s vlivem na kulturu bezpečnosti

Kultura bezpečnosti byla definována jako „soubor charakteristik a postojů v organizacích a rovněž u jednotlivců, který zakládá to, že otázky jaderné bezpečnosti elektrárny dostávají prvořadou prioritu, jak to odpovídá jejich významu“. Dobrá bezpečnostní kultura napomáhá prevenci havárií, ale na druhé straně nedostatečná kultura bezpečnosti by mohla vyústit v chování provozovatele, které neodpovídá předpokladům projektu. Bezpečnostní kultura by tudíž měla být považována za součást hloubkové ochrany, proto by mohly nedostatky v kultuře bezpečnosti opravňovat zvýšení klasifikace události o jeden stupeň.

Pro oprávněné zvýšení stupně z důvodů nedostatků v kultuře bezpečnosti musí být událost posouzena jako skutečný indikátor pochybení v celkovém systému kultury bezpečnosti.

Příklady takových iniciačních událostí by mohly být:

- Porušení provozních limitů a podmínek nebo porušení postupu bez patřičného zdůvodnění (K získání dodatečných informací o limitech a podmínkách a technických specifikacích – viz příloha V);
- Nedostatek v procesu zajištění jakosti;
- Nahromadění lidských chyb;
- Selhání při udržování náležité kontroly radioaktivních materiálů, včetně úniků do životního prostředí nebo selhání systému kontroly dávek;
- Opakování události ukazující, že po první události nebylo vyvozeno náležité poučení, nebo nebyla přijata nápravná opatření.

Je důležité poznamenat, že záměrem tohoto návodu není iniciovat dlouhý a podrobný proces hodnocení, ale zvážit, zda existuje okamžité poučení, které by bylo vyplývá z hodnocení dané události.

IV-4. DEFINICE

Tato část uvádí definice termínů, které nejsou definovány v dalších publikacích IAEA. V mnoha případech je v tomto manuálu poskytnuto i podrobnější vysvětlení.

oblasti nepředpokládané projektem. Oblasti jejichž projektové řešení (stálé nebo dočasné stavby), nepřepokládá, že po nehodě by taková oblast mohla obdržet a zachytit úroveň kontaminace, k níž došlo a zabránit šíření kontaminace za tuto oblast. Příklady událostí s kontaminací oblastí, kde to není projektem předpokládáno jsou:

- Kontaminace radionuklidů vně kontrolovaného pásma, kde běžně není žádná aktivita, jako jsou podlahy, schodiště, pomocné budovy, sklady a podobně.
- Kontaminace plutoniem, nebo vysoce radioaktivními štěpnými produkty v prostorách určených pouze pro manipulace s uranem.

autorizovaný provozní režim. Viz provozní limity a podmínky.

hloubková ochrana. Definována podle Mezinárodní poradní skupiny k jaderné bezpečnosti (INSAG), Základní principy jaderné bezpečnosti pro jaderné elektrárny, 75-INSAG, IAEA, Vienna (1999), 17 (viz ⁴):

„Ke kompenzaci možných lidských a mechanických selhání, je zaveden koncept hloubkové ochrany, soustředěný na několik úrovní ochrany, včetně posloupnosti bariér zabraňujících úniku radioaktivního materiálu do životního prostředí. Koncept zahrnuje ochranu bariérami k odvrácení poškození jaderné elektrárny a ochranu samotných

bariér. Zahrnuje rovněž další opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí před nebezpečím v případě, že tyto bariéry nebudou plně účinné.“

bezpečnostní zábrana s vysokou integritou. Měla by mít následující vlastnosti:

- (a) Bezpečnostní zábrana je projektována tak, aby se vyrovnala s veškerými relevantními projektovými závadami a je explicitně nebo implicitně uznána v bezpečnostní zprávě jaderného zařízení jako vyžadující zvláště vysokou úroveň spolehlivosti nebo celistvosti;
- (b) Celistvost (integrita) bezpečnostní zábrany je zajištěna prostřednictvím odpovídajícího monitorování nebo inspekci, které zjistí jakoukoliv degradaci;
- (c) Jestliže je detekována jakákoliv degradace bezpečnostní zábrany, existují jasně určené prostředky k vyrovnání se s takovou událostí a prostředky k provedení nápravných opatření prostřednictvím předem určených postupů nebo kvůli dlouhým časovým intervalům, které jsou pro opravu nebo zmírnění závady k dispozici.

iniciátor (iniciační událost). Identifikovaná událost, která vede k odchylce od normálního provozního stavu a aktivuje jednu nebo více bezpečnostních funkcí.

provozuschopnost bezpečnostní funkce. Provozuschopnost bezpečnostní funkce může být „plná“, „v rámci LaP“, „postačující“, „nedostatečná“, v závislosti na provozuschopnosti jednotlivých zálohovaných a diverzifikovaných bezpečnostních systémů a komponent.

provozuschopnost zařízení. Komponenta musí být považována za provozuschopnou, jestliže je schopna vykonávat svou požadovanou funkci požadovaným způsobem.

provozní prostor. Prostor, kam je povolen přístup zaměstnancům. Nezahrnuje prostory, kde jsou vzhledem k úrovni kontaminace nebo radiace vyžadovány zvláštní kontroly.

provozní limity a podmínky (LaP). Soubor pravidel, která určují limity parametrů, funkční způsobilost a výkonové úrovně zařízení a personálu schválené orgánem dozoru pro bezpečný provoz jaderné elektrárny.

radiační bariéra. Bariéra projektovaná, aby zabránila rozptýlení radioaktivního materiálu za hranice jeho zamýšleného kontejnmentu.

radiologická ekvivalence. Množství radionuklidu, které musí být uvolněno, aby způsobilo stejnou efektivní dávku jako referenční množství ^{131}I nebo ^{106}Ru podle hodnocení dopadu uvnitř nebo vně zařízení, vypočítané s použitím matematického modelu uvedeného v příloze I.

bezpečnostní funkce. Existují tři základní bezpečnostní funkce: (a) řízení reaktivity nebo podmínek procesu; (b) chlazení radioaktivního materiálu; (c) oddělení radioaktivního materiálu od prostředí.

bezpečnostní zábrany. Bezpečnostní opatření, které nemůže být dále rozloženo do zálohovaných částí.

bezpečnostní opatření. Postupy, administrativní opatření, pasivní nebo aktivní systémy, které jsou obvykle vybaveny zálohou a jejich dostupnost je řízena LaP.

bezpečnostní význam. Týká se jaderné nebo radiační bezpečnosti.

bezpečnostní systémy. Systémy důležité pro bezpečnost, určené zajišťovat bezpečnostní funkci.

ČÁST V.

PŘÍKLADY K DOKRESLENÍ HODNOTÍCÍCH NÁVODŮ PŘI KLASIFIKACI PODLE KRITÉRIA HLOUBKOVÉ OCHRANY

V-1. NÁVOD K POUŽITÍ PŘÍSTUPU ZÁBRAN PRO ZVLÁŠTNÍ TYPY UDÁLOSTÍ

V-1.1. Řízení kritičnosti

Chování kritického systému a jeho radiační následky silně závisejí na fyzikálních podmínkách a charakteristikách systému. V homogenních štěpných roztocích možný počet štěpení, výkonová úroveň náhlého zvýšení kritičnosti a možné důsledky takového zvýšení jsou omezeny těmito charakteristikami. Zkušenosti s náhlým nárůstem kritičnosti ve štěpných roztocích ukazují, že typický počet rozpadů bývá řádu 10^{17} – 10^{18} .

Heterogenní kritické systémy, jakými jsou mřížky jaderného paliva nebo suché kritické systémy pevných látek, disponují potenciálem vysokých výkonových maxim vedoucích k explozivnímu uvolnění energie a k uvolnění rozsáhlých množství radioaktivních materiálů jako výsledku značného poškození jaderného zařízení.

Hlavní riziko z náhlého zvýšení kritičnosti plyne z vysokých radiačních polí přímého záření neutronů a záření gama, které vede k potenciálně vysokému ozáření personálu. Dalším důsledkem může být uvolnění radioaktivních štěpných produktů s krátkými poločasy rozpadu do okolí a potenciálně těžká kontaminace uvnitř zařízení. Navíc explozivní uvolnění energie v důsledku náhlého zvýšení kritičnosti v heterogenním systému by také mohlo vést k uvolnění štěpného materiálu. Ve většině případů je ovšem dopad uvnitř a vně zařízení limitován klasifikačním stupněm 4. Pouze tam, kde může být štěpný materiál uvolněn explozí, je možná vyšší klasifikace.

V souladu se všeobecným návodem:

- Menší odchylky od bezpečného režimu kritičnosti, které nevybočují z LaP by měly být klasifikovány stupněm 0.
- Provoz s porušením LaP by měl být klasifikován přinejmenším stupněm 1.

Událost by měla být klasifikována stupněm 3, jestliže by došlo k havárii s kritičností s maximálními možnými následky stupně 5 nebo vyššími při méně příznivých podmínkách, nebo pokud současně dojde k dalšímu selhání bezpečnostních opatření. Stupeň 2 by byl přiměřený pro podobné události, jež mohou mít maximální možné následky pouze stupně 3 nebo 4.

Jak je uvedeno v tabulce V, pokud zbývá více než jedna bezpečnostní zábrana, bylo by přiměřené hodnocení nižším stupněm.

V-1.2. Ztráta nebo vyjmutí radioaktivních zdrojů

Tento oddíl se zabývá událostmi zahrnujícími ztrátu nebo nesprávné umístění otevřených nebo uzavřených radioaktivních zdrojů, jejichž skladování a používání spadá pod administrativní kontrolu. Jelikož takové události vyplývají ze selhání kontrolních postupů, je pro všechny události zahrnující trvalou ztrátu zdroje nebo objev zdroje na nevhodném místě přiměřená minimální klasifikace stupněm 1.

Jestliže možné vnější následky, pokud je zdroj rozloží, nemohou přesáhnout následky definované pro stupeň 5, ale velikost zdroje je taková, že má potenciál způsobit smrtelné ozáření osoby nebo takovou dávku, která způsobí radiační popáleniny (tj. okamžité negativní

zdravotní následky), by měla být trvalá ztráta takového zdroje klasifikována stupněm 2 podle hloubkové ochrany. Podobně objevení podobného zdroje mimo kontrolované pásmo nebo vně zařízení, v místě, kde může eventuálně vést k negativním zdravotním následkům, by rovněž měl být klasifikován stupněm 2.

Jestliže možné vnější následky, pokud je zdroj rozloží, mohou vést k události stupně 5, jeho trvalá ztráta by měla být hodnocena stupněm 3, podle hloubkové ochrany.

V-1.3. Nepovolený únik/šíření kontaminace

Jakákoliv událost zahrnující přemístění kontaminace vně nebo uvnitř zařízení, které vyústí v kontaminaci o řád vyšší, než je přípustný limit pro daný prostor, může odůvodnit klasifikaci stupněm 1, založenou na části IV – 3.3.3. (porucha v udržování kontroly nad radioaktivními materiály). Významnější poruchy bezpečnostních opatření by měly být klasifikovány při uvážení maximálních možných následků, pokud veškerá bezpečnostní opatření selžou a při uvážení zbývajících počtu bezpečnostních zábran.

Jestliže nemůže dojít k významné kontaminaci okolí, pak je maximální klasifikace události stupeň 2. Jakmile výpust' překročí povolené množství, měla by být událost klasifikována minimálně stupněm 1.

V-1.4. Kontrola dávek

Někdy mohou nastat situace, kdy postupy radiační kontroly a řídicí opatření, nejsou dostatečná a zaměstnanci obdrží neplánované ozáření (vnitřní nebo vnější). Takové události mohou odůvodnit klasifikaci stupněm 1, stanovenou v části IV – 3.3.3. (porucha v udržování kontroly nad radioaktivními materiály). Jestliže taková událost vyústí v souhrnnou dávku převyšující povolené limity, měla by být událost klasifikována minimálně stupněm jako porušení LaP.

Klasifikace stupněm 2 by měla být podle hloubkové ochrany přiměřená, jestliže maximální možné následky při selhání veškerých bezpečnostních opatření jsou klasifikovány stupněm 3 nebo 4 a po události zůstane pouze jedna bezpečnostní zábrana. Všeobecně by se neměl návod v části IV – 3.3. používat ke zvyšování klasifikace událostí vztahujících se k selhání kontroly dávek se základní klasifikací stupně 1. Události, při nichž se zabránilo ozáření, budou klasifikovány stejným stupněm jako události, při nichž skutečně došlo k významnému překročení dávkových limitů.

V-1.5. Blokování dveří do stíněných prostor

Obecně se neúmyslnému vstupu do prostor, které jsou běžně stíněné, zabraňuje používáním blokovacích systémů aktivovaných radiací na vstupních dveřích a dále využíváním postupů autorizace vstupu a radiační kontrolou před vstupem.

Selhání blokovací ochrany stíněných dveří může být způsobeno ztrátou elektrického napájení a/nebo poruchou čidla nebo s ním spojených elektronických zařízení.

Protože maximální možné následky jsou pro takové události omezeny stupněm 4, událost, kde další selhání bezpečnostních opatření vedlo k havárii, by měla být klasifikována stupněm 2. Události, při nichž přetrvávají dodatečné bezpečnostní zábrany, včetně administrativních opatření upravujících autorizaci/oprávnění ke vstupu, by měly být klasifikovány stupněm 1.

V-1.6. Poruchy odtahové ventilace, filtrace a čisticích systémů

Tři fyzicky oddělené systémy odtahové ventilace, které jsou však ve vzájemné vazbě, jsou často určeny k tomu, aby udržovaly rozdíl tlaků mezi nádobami, kobkami, hermetickými boxy a provozními prostory, stejně jako odpovídající průtoky otvory v hraniční zdi kobek a provozních prostorů s cílem zabránit zpětné difúzi radioaktivních materiálů. Navíc jsou instalovány čisticí systémy, jako jsou vysoce účinné vzduchové filtry (HEPA filtry) nebo pračky, které redukuje vypouštění do atmosféry pod předem stanovené limity a zabraňují zpětné difúzi do prostor s nižší aktivitou.

Prvním krokem při klasifikaci událostí spojených se ztrátou takových systémů je stanovení maximálních možných následků uvnitř i vně zařízení, jestliže selžou veškerá bezpečnostní opatření. To znamená posoudit inventář radioaktivních materiálů a prostředky k jeho rozptýlení uvnitř i vně zařízení. Je rovněž nezbytné uvážit potenciál pro snížení koncentrace vzácných plynů nebo potenciál pro snížení pro hromadění explozivních směsí. Ve většině případů, pokud není výbuch možný, je nepravděpodobné, že by maximální možné následky překročily stupeň 3, a tudíž by maximální klasifikace podle hloubkové ochrany byla stupeň 2.

Druhým krokem je identifikace účinnosti zbývajících bezpečnostních opatření, včetně postupů, jak zabránit vyvíjení další aktivity zastavením prací. Klasifikování takových událostí je ilustrováno příklady 16 a 17 v části V-3.

V-1.7. Nehody při manipulacích a pády těžkých břemen

V-1.7.1. Události nezahrnující palivové soubory

Dopad nehod při manipulaci nebo poruše zdvihacího zařízení závisí na materiálu, jehož se nehoda týká, prostoru, kde došlo k nehodě a na zařízení, které bylo nebo mohlo být zasaženo.

Události, kde padající břemeno hrozí rozlitím radioaktivního materiálu (buď v důsledku pádu břemena nebo ze zasaženého potrubí či nádoby), by měly být klasifikovány s uvážením maximálních možných následků a pravděpodobnosti, že by k takovému rozlití mohlo dojít. Nehody, kde pád břemena způsobí pouze omezenou škodu, ale je relativně velká pravděpodobnost, že způsobí havárii, by měly být klasifikovány maximálním stupněm v rámci hloubkové ochrany. Obdobně události, při nichž zůstane pouze jedna bezpečnostní zábrana, která není považována za zábranu zvláště vysoké integrity/spolehlivosti by měly být rovněž klasifikovány nevyšším stupněm.

Nehody, jejichž pravděpodobnost je nižší nebo kdy existují dodatečné bezpečnostní zábrany, by měly být klasifikovány podle návodu v části IV-3.2.2. Menší nehody při manipulaci, které by byly v průběhu životnosti jaderné elektrárny očekávány, by měly být klasifikovány stupněm 0.

V-1.7.2. Chyby při manipulaci s palivem

Událost v průběhu manipulace s neozařeným palivem bez významných dopadů na manipulaci s ozařeným palivem, bude typicky hodnocena stupněm 0, jestliže nevzniklo žádné riziko pro vyhořelé palivo nebo pro bezpečnostně významné vybavení/zařízení.

Radioaktivní inventář jednoho palivového souboru je zjevně mnohem menší než inventář bazénu skladování vyhořelého paliva nebo aktivní zóny. Jakmile je zajištěno chlazení vyhořelého palivového článku, je tím poskytnuta důležitá bezpečnostní zábrana, jelikož není integrita palivové mřížky ovlivněna přehřátím. Obecně s přehřátím paliva budou spojeny

velmi dlouhé časové intervaly. V závislosti na konfiguraci jaderného zařízení poskytne ve většině případů další bezpečnostní zábranu také kontejnment.

Události očekávané v průběhu životnosti jaderného zařízení, které neovlivní chlazení vyhořelého paliva a jejichž výsledkem je malý nebo nulový únik by měly být typicky klasifikované stupněm 0.

Stupeň 1 by měl být brán v úvahu pro události zahrnující:

- Události nepředpokládané v průběhu životnosti jaderné elektrárny,
- Provoz mimo LaP,
- Omezená degradace chlazení neovlivňující integritu palivových proutků,
- Mechanické poškození integrity palivových proutků bez degradace chlazení.

Pro události, kdy je poškozena integrita palivových proutků v důsledku značného přehřátí palivových článků, může být odpovídajícím hodnocením stupeň 2.

V-1.8. Ztráta elektrického napájení

V mnoha jaderných elektrárnách je často nezbytné zabezpečit zajištění elektrického napájení pro nepřetržitý bezpečný provoz a k udržování provozuschopnosti monitorovacího zařízení a kontrolních přístrojů. K zabránění poruše se společnou příčinou existuje několik nezávislých cest elektrického napájení a různorodé zdroje napájení. Zatímco většina jaderných elektráren bude při úplném výpadku zdrojů elektrického napájení automaticky odstavena do bezpečného stavu, v některých elektrárnách budou využita ještě dodatečná bezpečnostní opatření, jako je použití inertních plynů.

V některých jaderných elektrárnách nedojde k žádným nepříznivým účinkům dokonce i při několikadenní úplné ztrátě zdrojů elektrického napájení; takové události v těchto elektrárnách by měly být obecně klasifikovány stupněm 1 nebo 2, jelikož by mělo v čase, který je k dispozici, existovat několik dostupných zdrojů k obnovení elektrického napájení. Stupeň 1 by byl odpovídající, pokud by byla dostupnost bezpečnostních systémů mimo LaP.

Za účelem klasifikace událostí zahrnujících ztrátu zdrojů napájení nebo poruchy v napájecích systémech uvnitř jaderné elektrárny je nezbytné použít obecný návod uvedený v části IV – 3.2.2, při čemž se v úvahu bere rozsah zbývajících zdrojů, doba, po níž byly zdroje nedostupné, a maximální možné následky. Je zvláště důležité, aby se vzalo do úvahy přijatelné časové zpoždění před tím, než se požaduje obnovení zdrojů.

Částečná ztráta elektrického napájení nebo ztráta elektrické energie z běžné sítě, s dostupným zdrojem napájení ze záložních systémů, se v průběhu životnosti elektrárny předpokládá, a tudíž by měla být klasifikována pod stupnicí.

V-1.9. Požáry a exploze

Požár nebo exploze uvnitř nebo v těsné blízkosti jaderné elektrárny, který nemá potenciál degradovat žádná bezpečnostní opatření, by měl být klasifikován stupněm 0 nebo mimo stupnici. Požáry uhašené instalovanými ochrannými systémy, které zapůsobily podle projektu, by měly být také klasifikovány stupněm 0 nebo mimo stupnici.

Význam požárů a explozí v jaderných zařízeních nezávisí pouze na zúčastněném materiálu, ale také na místě a snadnosti, s níž lze provést protipožární zásah. Klasifikace závisí na maximálních možných následcích uvnitř a vně zařízení, počtu a účinnosti zbývajících bezpečnostních zábran, včetně bariér a bezpečnostních systémů. Účinnost zbývajících bezpečnostních zábran, měla by se brát do úvahy pravděpodobnost, že by mohly být degradovány. Jakýkoliv požár nebo exploze zahrnující nízkoaktivní odpady by měly být, vzhledem k nedostatkům v postupech nebo v kultuře bezpečnosti, klasifikovány stupněm 1.

V-1.10. Vnější ohrožení

Výskyt takových rizik jako jsou zemětřesení, tornáda nebo exploze může být klasifikován stejným způsobem jako ostatní události, prostřednictvím hodnocení účinnosti zbývajících bezpečnostních opatření. Pro události zahrnující selhání v systémech, které byly specificky projektovány k ochraně proti vnějším rizikům, by měl být posouzen počet bezpečnostních zábran, včetně pravděpodobnosti, že k události dojde v době, kdy je systém nedostupný. Vzhledem k očekávané nízké frekvenci takových rizik, je nepravděpodobná klasifikace vyšší než stupeň 1.

V-1.11. Události v průběhu přepravy

Podobně jako u mnoha událostí je velice důležité stanovit maximální možné následky, a tudíž maximální klasifikaci podle hloubkové ochrany. Transportní předpisy stanovují maximální aktivitu, kterou může obsahovat daný obalový soubor, daná zásilka nebo vozidlo. Tato maximální aktivita se může vztahovat k parametru A2, kde A2 je maximální obsah specifických nuklidů povolený v obalovém souboru typu A, pokud je radioaktivní materiál jiný než zvláštní formy. Je tedy možné hodnotit přepravní činnost v termínech příslušných hodnot A2 pro maximální možné následky podle INES s předpokladem 100% úniku obsahu i pro maximum podle hloubkové ochrany. Tabulka VI ukazuje vztah mezi přepravovanou aktivitou a následky, které by měly být používány k návodu pro klasifikaci přepravních událostí zahrnujících úniky do vzduchu (aerosoly)⁵.

Na základě výše uvedeného a obecných principů klasifikace událostí s použitím přístupu bezpečnostních zábran, může být pro zvláštní případy odvozen specifický návod podle tabulky VII. Pro ostatní případy bude třeba, aby klasifikace vzala do úvahy s použitím všeobecného návodu, přiměřenost zbývajících bezpečnostních opatření.

V-1.12. Selhání chladících systémů

V-1.12.1. Události během odstavení reaktoru

Většina bezpečnostních systémů jaderných reaktorů byla projektována, aby se vyrovnala s událostmi v průběhu provozu na výkonu. Události v průběhu náběhu nebo odstavení reaktoru jsou docela podobné a měly by být řešeny, jak bylo uvedeno v části IV-3.2.1. Po odstavení reaktoru se některé z těchto systémů ještě vyžadují, aby zajistily bezpečnostní funkce, ale obvykle je k dispozici více času, než může dojít k úniku inventáře aktivní zóny.

Na druhé straně čas, který je k dispozici na manuální akce pro zabránění většího nárůstu teploty paliva a úniku radioaktivních štěpných produktů, může nahradit část bezpečnostních opatření ve smyslu jejich zálohování a diverzity, tj. v závislosti na stavu jaderné elektrárny může být v určitých etapách chladného odstavení reaktoru přijatelná redukce zálohování bezpečnostních zařízení a/nebo bariér. V podmínkách odstavení reaktoru je někdy konfigurace bariér také zcela odlišná (například otevřený primární chladicí systém a otevřený kontejnment).

⁵ INES návod k radiačnímu ekvivalentu se vztahuje pouze k únikům do vzduchu (aerosoly). Nelze poskytnout obecný návod k ekvivalenci pro kapalné/vodné úniky.

TABULKA VI. VZTAH MEZI PŘEPRAVOVANOU AKTIVITOU A MAXIMÁLNÍ KLASIFIKACÍ INES

Přepřavovaná aktivita	Maximální možné následky (založeno na předpokladu 100% úniku obsahu)	Maximální klasifikace podle hloubkové ochrany
Větší než 100 A ₂	Stupeň 5–7	3
A ₂ až 100 A ₂	Stupeň 3–4	2
Menší než A ₂	Stupeň 2	1

TABULKA VII. KLASIFIKACE PŘEPRAVNÍCH UDÁLOSTÍ

Redukce bezpečnostních zábran	Aktivita přepřavovaná v obalovém souboru		
	< A ₂	A ₂ – 100 A ₂	>100 A ₂
<i>Události nezahrnující dopravní nehodu</i>			
Zbývá pouze jedna bezpečnostní zábrana ^a	0	1	2
Nezbývá žádná bezpečnostní zábrana (např. nevyhovující obalový soubor)	1	2	3
Ztráta obalového souboru	1	2	3
<i>Události zahrnující dopravní nehodu</i>			
Žádná degradace bezpečnostních opatření	0	0	0
Větší degradace bezpečnostních opatření ^a (zbývá pouze jedna nebo nezbývá žádná bezpečnostní zábrana)	1	2	3

^a Pokud opatření nesplňuje požadavky na zábranu o vysoké integritě.

Ke klasifikaci událostí v průběhu odstavení reaktoru s dochlazováním zohledňující přístup bezpečnostních zábran jsou v části V–2 uvedeny některé příklady aplikovatelné pro tlakovodní reaktory. Klasifikace bere v úvahu především čas, který je k dispozici na nápravná opatření a počet nezasažených bezpečnostních zábran. Pro další typy reaktorů bude nezbytné využívat uvedený postup jen jako ilustrativní návod společně s všeobecnými principy pro klasifikaci takových událostí.

V-1.12.2. Události týkající se bazénu skladování vyhořelého paliva

Radioaktivní inventář bazénu skladování vyhořelého paliva může být po několika letech provozu jaderné elektrárny vysoký. V takovém případě klasifikace událostí zasahujících bazén vyhořelého paliva s ohledem na dopad na hloubkovou ochranu mohou pokrývat celou škálu hodnocení od klasifikace pod stupnicí až po stupeň 3.

Jestliže události zahrnují degradaci systémů chlazení bazénu skladování paliva je vzhledem k poměrně velkému objemu vody a relativně nízkému zbytkovému teplu obvykle k dispozici dostatek času k přijetí nápravných opatření. To platí stejnou měrou rovněž pro únik chladicího média z bazénu skladování vyhořelého paliva, jelikož únik z bazénu je omezen projektem. Tudiž několikahodinová porucha chladicího systému, nebo únik chladicího média se vyhořelého paliva obvykle nedotkne. Takže menší degradace systému chlazení bazénu skladování paliva nebo menší úniky by měly být zpravidla klasifikovány stupněm 0.

Provoz mimo LaP nebo podstatné zvýšení teploty či podstatný pokles hladiny chladicího média v bazénu skladování vyhořelého paliva by měl být klasifikován stupněm 1. Indikací pro klasifikaci stupněm 2 by mohl být počátek odkrývání palivových souborů. Podstatné odkrytí palivových souborů a přehřívání jasně indikuje stupeň 3.

V-1.12.3. Ostatní zařízení

Poruchy v základních chladicích systémech mohou být klasifikovány obdobně jako poruchy v elektrických systémech s tím, že uvažují maximální možné následky, počet zbývajících bezpečnostních zábran a časové zpoždění přijatelné před obnovením chlazení.

V případě poruch chladicího systému pro sklad vysoce aktivních odpadů nebo sklad plutonia, je pravděpodobná klasifikace takové události, kde zůstala po významný časový interval pouze jedna bezpečnostní zábrana stupněm 3.

V-2. NÁZORNÉ PŘÍKLADY POUŽITÍ PŘÍSTUPU BEZPEČNOSTNÍCH ZÁBRAN

Pro ilustraci použití návodu daného v části IV–3.2.2. jsou dále uvedeny příklady založené na chlazení odstaveného reaktoru.

Příklad 1

Popis události

V prvním příkladě chlazení při odstavování reaktoru je zabezpečena cirkulace chladicího média odvodem zbytkového tepla přes výměník prostřednictvím jedné sací trubky s dvěma oddělovacími armaturami. Primární okruh je uzavřený. V případě uzavření oddělovacích armatur se teplota chladicího média bude zvyšovat, ale trvá přibližně jednu hodinu, než dosáhne nepřijatelné hodnoty. Armatury lze ovládat z blokové dozorny. Parogenerátory jsou otevřené kvůli práci, a tudíž nedostupné. Bezpečnostní vstřikování není dostupné, vysokotlaká čerpadla havarijního chlazení jsou odpojena od napájecích čerpadel a pojistné ventily ke kontrole tlaku uvnitř primárního okruhu jsou provozuschopné. Klasifikována je událost, kdy došlo k falešnému zapůsobení tlakových čidel, které způsobilo uzavření oddělovacích armatur. Alarm v blokové dozorně upozornil operátora na uzavření armatur a po ověření, že nárůst tlaku byl pouze falešný signál, byly armatury znovu otevřeny. Teploty nepřevýšily hodnoty v LaP.

Vysvětlení klasifikace

Maximální možné následky ze ztráty chlazení překračují stupeň 4, a tudíž maximální klasifikace podle hloubkové ochrany je stupeň 3. Bezpečnostní funkce, o niž jde, je chlazení paliva. Nakonec jediná bezpečnostní zábrana, která poskytuje chlazení, je chlazení primárního chladicího média prostřednictvím jediné sací trubky výměníku tepla, tj. je zde jenom jedna bezpečnostní zábrana.

Z tohoto důvodu je nezbytné posuzovat integritu této jediné bezpečnostní zábrany a posoudit hardwarové i softwarové aspekty. Nejprve jde o posouzení požadovaných činností operátora. Pro obnovení chlazení musí operátor zjistit, že signál zvýšení tlaku byl falešný a pokud zvýšení teploty vyvolalo následné zvýšení tlaku, musí být tlak snížen. Samozřejmě existuje postup pro opětné obnovení odvodu zbytkového tepla po uzavření armatur. Operace může být v čase, který je k dispozici, ovšem s nikoliv velkou rezervou, provedena. Při zvažování hardwarových aspektů zjistíme, že selhání kterékoliv z obou armatur při opětném otevírání bude znamenat nedostupnost bezpečnostní zábrany. A také jistě není dostatek času na opravy, pokud by se armatury nepodařilo otevřít.

Z těchto důvodů nelze tuto jedinou bezpečnostní zábranu považovat za zábranu o vysoké integritě, přestože jde o jedinou bezpečnostní zábranu poskytnutou projektem. Potřeba otevřít obě armatury k obnovení funkce jasně omezuje integritu bezpečnostní zábrany. Taková událost v jaderné elektrárně by byla klasifikována stupněm 3.

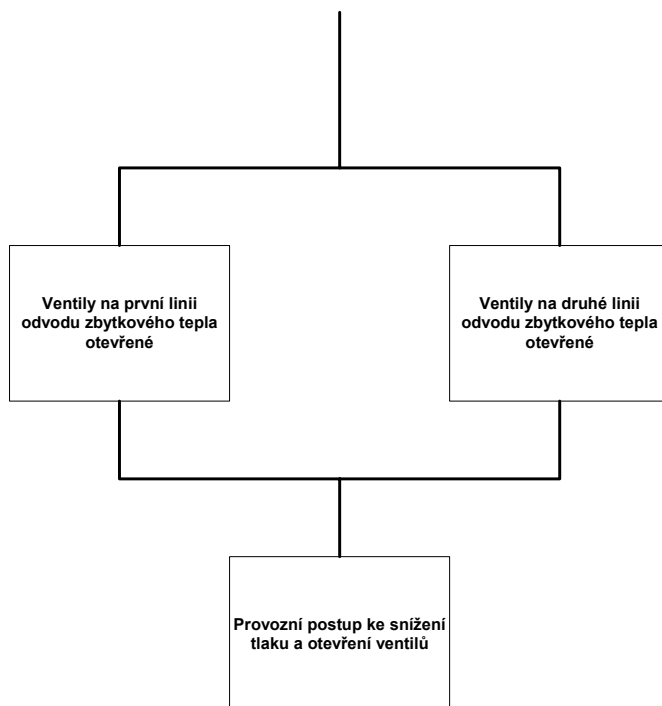
Příklad 2

Popis události

V tomto příkladě je uspořádání oproti příkladu 1 mírně modifikováno. Nyní existují dvě oddělené linie odvodu zbytkového tepla, každá se dvěma oddělovacími armaturami s tím, že armatury v jednotlivých liniích jsou napájeny oddělenými tlakovými převodníky. Událost je obdobná, s výjimkou, že nárůst tlaku je opravdový.

Vysvětlení klasifikace

Pokud jde o hardware, zde se objevují dvě bezpečnostní zábrany. Nicméně obě ještě závisejí na operátorově zásahu – opětném otevření armatur. Bezpečnostní opatření mohou být vykreslena následovně:



Spolehlivost bezpečnostních opatření je limitována potřebou zásahu operátora. Při posouzení složitosti dané operace a omezeného času, jež je k dispozici, se bere v úvahu jenom jedna účinná bezpečnostní zábrana, tj. provozní postup vyžadující snížení tlaku a opětné otevření oddělovací armatury. Opět je tudíž přiměřená klasifikace stupněm 3.

Příklad 3

Popis události

V tomto příkladě je uspořádání stejné jako u příkladu 2. Ovšem o události se předpokládá, že nastala nějaký čas po odstavení reaktoru. Předpokládá se, že k provedení požadovaných zásahů je k dispozici pět hodin.

Vysvětlení klasifikace

Jako v předchozím případě jsou k dispozici dvě hardwarové zábrany a jedna softwarová (v sériích), ale nyní je na provedení požadovaných zásahů k dispozici podstatně delší časový úsek. Dostupný zásah operátora tedy může být považován za bezpečnostní zábranu s vysokou integritou. Limitujícím aspektem bezpečnostních opatření jsou nyní dvě hardwarové zábrany. Existence dvou hardwarových zábran znamená, že událost by měla být klasifikována stupněm 2.

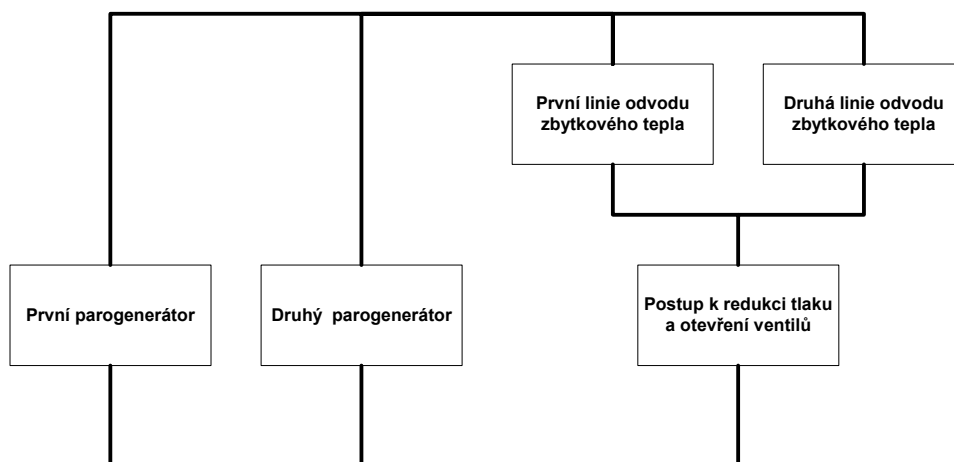
Příklad 4

Popis události

V tomto příkladě je uspořádání stejné jako u příkladu 2, ale jsou k dispozici rovněž dva parogenerátory. Událost ke klasifikaci je stejná jako u příkladu 2.

Vysvětlení klasifikace

Nyní jsou k dispozici čtyři hardwarové zábrany, navíc parogenerátory poskytují mnohem delší časový úsek pro provedení požadovaných zásahů operátora a dávají čas k provedení oprav. Bezpečnostní opatření jsou nakreslena níže. Jako výsledek delších časových úseků mohou být za plně účinné považovány všechny čtyři zábrany a přiměřenou klasifikací bude stupeň 0.



Příklad 5

Popis události

V tomto příkladě je základem uspořádání stejné jako u příkladu 1, ale jeden týden po odstavení reaktoru, kdy je reaktor otevřen a zaplaven. Ztráta odvodu zbytkového tepla nyní vyústí pouze ve velice pomalé zahřívání primárního chladicího média s časem na zásah operátora okolo 10 hodin.

Vysvětlení klasifikace

Při posuzování bezpečnostní funkce chlazení paliva jsou nyní dvě bezpečnostní zábrany. První je systém odvodu zbytkového tepla a druhý je schopnost doplňovat vodu tak, aby byla udržena hladina, když se voda odpařuje a odvádí tak teplo. Druhá zábrana může být z následujících příčin považována za zábranu s vysokou integritou:

- Pro zásah operátora jsou k dispozici dlouhé časy;
- Existuje několik možností doplňování další vody (například nízkotlaké havarijní chlazení, požární hadice atd.), i když musí být kontrolována koncentrace bóru;
- Tato bezpečnostní zábrana se uznává v bezpečnostní zprávě jako klíčová bezpečnostní charakteristika.

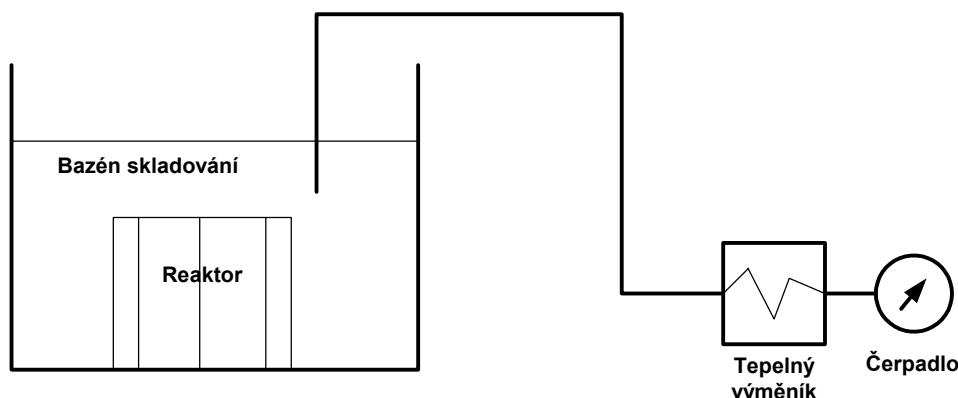
Navíc čas, který je k dispozici, je takový, že první zábrana má větší integritu než zábrana posuzovaná v příkladě 1, jelikož je zde přiměřený čas pro opravu. V tomto případě zkoumání přechodového stavu teploty poskytuje způsob měření uplynulšího času a času, který je k dispozici. Tudíž je aplikovatelný následující návod:

- Menší změny v teplotě chladicího média by měly být klasifikovány pod stupnicí,
- Překročení maximálních povolených teplot chladicího média nebo změn teplot chladicího média (v čase) stanovených LaP by mělo být klasifikováno stupněm 1,
- Podstatné zahřátí chladicího média, např. masivní var, by mělo být hodnoceno stupněm 2,
- Počátek významného odkrývání palivových článků by zpravidla určoval stupeň 3.

Příklad 6

Popis události

V tomto příkladě jde o výzkumný reaktor s výkonem 100 kW s velkým chladicím bazénem a systémem výměny tepla, jak je zobrazeno dále. V této události bude ztráta chlazení a jakékoliv ohřívání vody extrémně pomalé.



Událost, která má být klasifikována, je událost, při níž došlo k poruše potrubí za čerpadlem, a chladicí médium bylo vypumpováno u sacího potrubí až do dna. Po té došlo v důsledku kavitace k poruše čerpadla.

Vysvětlení klasifikace

Posuzování musí být dvě bezpečnostní funkce, jednou je chlazení paliva a druhou je stínění, které má zabránit vysokým dávkám pro pracovníky. Na počátku je nezbytné posoudit maximální možné následky, kdyby selhaly veškeré bezpečnostní zábrany. Vzhledem k nízkému radioaktivnímu inventáři nemohou u obou událostí maximální možné následky překročit stupeň 4, maximální klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany je tudíž stupeň 2. Při posuzování chladicí funkce podle projektu existují tři bezpečnostní zábrany: jednou je systém výměníku tepla, druhou je velký objem vody v bazénu, třetí je možnost chlazení paliva vzduchem. Nasávací část byla záměrně projektována tak, aby v případě poruchy trubky v bazénu zůstal velký objem vody. Je tedy jasné, že hlavní bezpečnostní zábranu představuje velký objem vody. To může být z následujících důvodů považováno za zábranu o vysoké integritě:

- Ve srovnání s objemem vody je vznikající teplo tak malé, že jakékoliv zahřátí bude extrémně malé. K významnému poklesu hladiny vody by mohlo dojít až v průběhu mnoha dní.
- Jakýkoliv pokles hladiny bude okamžitě operátorem zjištěn a voda může být různými způsoby doplněna.
- Bezpečnostní zpráva reaktoru tuto zábranu uznává za klíčovou a demonstruje její integritu. Nasávací potrubí k tepelnému výměníku bylo pečlivě projektováno, aby zajišťovalo dostatečné množství vody.

V takovém případě je základní klasifikace stanovena na stupeň 0, poněvadž existují dvě bezpečnostní zábrany a jedna je zábranou o vysoké integritě. Při posuzování funkce stínění, zůstává jedna bezpečnostní zábrana, ale protože je zábranou o vysoké integritě je základní klasifikace vyjádřena stupněm 0.

V-3. ZPRACOVANÉ PŘÍKLADY ZALOŽENÉ NA SKUTEČNÝCH UDÁLOSTECH

V-3.1. Příklady využívající přístup iniciačních událostí

Příklad 1: Rychlé odstavení reaktoru po pádu řídicích tyčí – stupeň 0

Popis události

Blok pracoval na nominálním výkonu. Během zasouvání havarijní tyče (skupiny A), které se provádělo v rámci pravidelného kontrolního testu řídicích tyčí, byl reaktor odstaven v důsledku signálu „prudký pokles neutronového toku“, což bylo dále příčinou odstavení turbíny a generátoru. Poloha řídicích tyčí byla okamžitě zkontrolována detektorem monitorování jejich polohy. Bylo zjištěno, že čtyři tyče skupiny A spadly ještě před odstavením reaktoru.

Inspekce řídicího okruhu pohonného mechanismu řídicích tyčí ukázala, že příčinou selhání byla vadná regulační karta (tištěný spoj). Později byla porušená regulační karta nahrazena kartou náhradní a po kontrole integrity řídicího okruhu byl blok opět vyveden na nominální výkon.

Vysvětlení klasifikace

Pro klasifikaci nejsou aplikovatelná kritéria dopadu uvnitř a vně elektrárny. Havarijní zasunutí řídicích tyčí neaktivuje bezpečnostní funkce, takže není iniciační událostí. Havarijní odstavení reaktoru je očekávanou iniciační událostí a bezpečnostní „funkce chlazení paliva“ byla dostupná. Podle části IV – 3.2.1.3(a) odpovídá pole tabulky A1. Nejsou žádné důvody ke zvýšení stupně klasifikace, a tudíž je událost klasifikována stupněm 0.

Příklad 2: Únik chladicího média při výměně paliva u reaktoru na výkonu – stupeň 1

Popis události

Při běžné výměně paliva za plného výkonu došlo v kobce překládky paliva k úniku reaktorového paliva v rozsahu 1,4 t/h. 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 činil 22 t (asi 10 % inventáře chladiva). Nebyla vyvolána funkce žádného bezpečnostního systému kromě toho, že v důsledku vysoké aktivity byl po jedné hodině uzavřen kontejnment. Nedošlo k žádnému abnormálnímu úniku radioaktivity do životního prostředí.

Vysvětlení klasifikace

Pro klasifikaci nejsou aplikovatelná kritéria dopadu uvnitř a vně elektrárny. Ačkoliv došlo k velmi malému úniku reaktorového chladiva, bezpečnostní systémy nebyly aktivovány, neboť zásah operátora udržel vodní inventář. Pokud by se únik rozvinul v malou LOCA havárii, byly by veškeré požadované bezpečnostní systémy plně provozuschopné. Tudíž je odpovídající klasifikací stupeň 0.

Příčinou problému byla porucha blokády, která nebyla zkontrolována v rámci programu kontrol. Tento nedostatek byl znám dříve, než došlo k události. Z těchto důvodů byla klasifikace události zvýšena na stupeň 1 (viz část IV – 3.).

Příklad 3: Nefunkční sprchování kontejnmentu způsobené ventily v uzavřené pozici – stupeň 1

Popis události

Jde o elektrárnu se dvěma reaktory (dvojblok). Oba reaktory musejí být každoročně současně odstaveny, aby bylo možné provést požadované zkoušky společného systému havarijního chlazení aktivní zóny a příslušných automatických bezpečnostních zásahů. Tyto zkoušky obvykle probíhají v období, kdy je jeden z reaktorů odstaven pro výměnu paliva a dochlazován. Tyto zkoušky se na blocích 1 a 2 prováděly 9. října. První blok zůstal odstaven pro výměnu paliva a druhý blok opět najel na výkon 14. října. Prvního listopadu bylo při pravidelné měsíční kontrole objeveno, že čtyři ventily na výtokové straně sprchovacích čerpadel byly uzavřeny. Dospělo se k závěru, že tyto ventily nebyly po zkouškách 9. října opětovně otevřeny, což je v rozporu s procedurami zkoušek. Druhý blok se tedy 18 dní provozoval bez funkčního sprchovacího systému.

Příčinou události byla označena lidská chyba. K chybě došlo na konci období zkoušek, které bylo v důsledku těžkostí delší než obvykle. Dalším závěrem bylo, že je třeba důsledněji formálně zaznamenávat prováděné činnosti.

Vysvětlení klasifikace

Pro klasifikaci nejsou aplikovatelná kritéria dopadu uvnitř a vně elektrárny.

Nedošlo ke skutečné iniciační události. Provozní schopnost bezpečnostní funkce „fyzická izolace/zadržný systém“ byla degradována. Provozní schopnost byla menší než minimálně požadovaná LaP, ale větší než právě dostatečná, neboť byl k dispozici diverzní systém. Iniciační událost, která by vyvolala plnění degradované bezpečnostní funkce, by byla velká LOCA (ztráta chladiva, málo pravděpodobná událost). Podle části IV – 3.2.1.3(b) odpovídá pole C3 tabulky. Porucha byla zaviněna lidskou chybou, ale nepovažuje se za vhodné, v návaznosti na nedostatky v kultuře bezpečnosti, zvýšit klasifikaci události. (Příloha III vysvětluje, že při základní klasifikaci udělený stupeň 1 místo stupně 0 již odráží fakt, že došlo k porušení LaP.

Příklad 4: Únik vody z primárního okruhu protrženou membránou barbotážní nádrže kompenzátoru objemu – stupeň 1

Popis události

Blok byl odstaven do horkého stavu. Systém odvodu zbytkového tepla byl odpojen a částečně zdrenážován ke zkouškám systému po realizaci modifikací, a byl tedy neprovozní. Probíhala pravidelná zkouška účinnosti systému vstřiku do kompenzátoru objemu a v primárním okruhu byl tlak 159 barů. Přibližně v 16 hodin byl aktivován signál od vysokého tlaku v barbotážní nádrži kompenzátoru objemu. Hladina v kontrolní nádrži poklesla, což indikovalo únik reaktorového chladiva v množství asi 1,5 m³ /hod. Obsluha vešla do budovy reaktoru, aby se pokusila odhalit místo úniku a dospěla k názoru, že voda uniká ventilem na primárním okruhu (ventil umístěný na bypassu teplotního čidla). Obsluha ruční ventil dotáhla (ve skutečnosti nebyl ventil ani potom úplně uzavřen). Únik pokračoval a v 18.00 byl povolán personál údržby, ale ani ten zdroj úniku neobjevil.

V průběhu této doby v barbotážní nádrži narůstal tlak a teplota. Operátor udržoval teplotu pod 50°C metodou doplňování a odpouštění (feed and bleed) – tj. vstřikováním studené upravené vody do barbotážní nádrže a drenážováním do sběrné nádrže kontrolovaných úniků. Dvě paralelně zapojená čerpadla odváděla kapalnou výpusti z reaktorové budovy do nádrže systému bórové regenerace.

Přibližně ve 21 hodin signalizovala čidla aktivity vzrůst radioaktivity v reaktorové budově. Ve 21.56 hod. bylo dosaženo podmínek pro částečnou izolaci kontejnmentu. Výsledkem bylo uzavření ventilů uvnitř kontejnmentu na systémech ventilace a kanalizace. Tak nemohl být kapalnou 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°, musela se nadále doplňovat upravená voda, a to do 23.36 hod. V 1.45 hod. klesla hodnota aktivity uvnitř reaktorové budovy pod hranici izolace kontejnmentu.

Ve 2.32 hod. byl systém reaktorového chladiva na tlaku 25 barů, blok byl převeden do podkritického horkého stavu s odvodem tepla přes parní generátory; systém odvodu zbytkového tepla byl stále nefunkční.

Tento systém byl opětovně zapojen v 10.45 a v 11.45 byl vadný ventil na systému reaktorového chladiva odpojen od dálkového řízení, aby mohl být znovu uzavřen, 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 IV – 3.2.1.1.). 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) kontejnmentu způsobila provozní obtíže a podala zavádějící informace. Z těchto důvodů bylo hodnocení události zvýšeno na stupeň 1 (viz část 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. Následkem toho 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 o to také pokusila, ale rychlost nebyla dostatečná na to, aby zabránila vzrůstu teploty. To vedlo k odstavení reaktoru kvůli vysoké teplotě palivového článku (vzrůst přibližně o 16 °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, protože byl narušen přívod páry do jejich turbín. Porucha napájení instrumentace zabránila automatickému i ručnímu najetí pohonů oběhových dmyhadel. Nízkotlaké napájení se udržovalo na třech ze čtyř výparníků a na čtvrtém výparníku bylo obnoveno zásahem operátora. Po počátečním 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 °C nižší, než je normální provozní teplota, po najetí pohonů oběhových dmyhadel 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 je třeba rozdělit 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. Je třeba poznamenat, že ačkoliv prvním výskytem události byla porucha v napájení instrumentace, nebyla to iniciační událost. Porucha způsobila ztrátu napájení jednoho výparníku, ale přímo nevyvolala žádný bezpečnostní systém. Nemůže tedy být považována za iniciační událost. Iniciační událostí je přechodný jev, který následoval.

Druhou iniciační událostí bylo havarijní odstavení reaktoru a doběh parou poháněných plynových dmyhadel. To vyvolalo bezpečnostní funkci „chlazení paliva“. Schopnost plnit

tuto bezpečnostní funkci byla menší než požadovaná limity a podmínkami provozu (neboť žádný z pohonů nebylo možné nastartovat), ale větší než dostatečná, protože přirozená cirkulace byla obnovena včas, takže teplota nestačila stoupnout na nepřijatelnou úroveň. Proto je pro hodnocení vybrána pozice C1 v tabulce, tj. stupeň 2 nebo 3. Jak je vysvětleno v části IV-3.2.1.3(a), stupeň se vybírá podle míry, do níž 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 týká možného zvýšení stupně, lze zde nalézt dva faktory popsané v části IV-3.3. 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 IV-3.3, odstavec (a)). Dalším faktorem byly těžkosti způsobené 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) části IV – 3.3., je stupeň 3 nevhodný, neboť jediná porucha další komponenty by nebyla vedla k havárii.

Příklad 6: Pád palivového souboru v průběhu výměny paliva – stupeň 1

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, ačkoliv událost zahrnovala pouze neozářené palivo, mohlo k ní dojít s ozářeným palivem. Při klasifikaci podle kritéria ochrany hloubkové ochrany musí být tato možnost zvažována. Iniciační událostí byl pád palivového souboru, což je definováno jako možná iniciační událost v příloze IV. Bezpečnostní systémy byly plně provozuschopné (pozice A3 tabulky), a je proto přiměřená klasifikace stupněm 1. Návod v části V – 1.7.2 by dal stejnou klasifikaci. Nejsou žádné důvody ke zvýšení hodnocení události.

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

Popis události:

Jednalo se o 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 nízké teploty současně přispěly k odstavení konvenční části bloku, po němž následovalo snížení napětí v rozvodné síti.

Blokování v čerpací stanici bloku 1 mohlo nastat následovně. Led se pravděpodobně dostal pod sběrač na záchytnou mříž čerpací stanice bloku 1. Led se tvořil i nadále a ledové kry se změnilly v jednolitý tuhý blok, který částečně zatarasil záchytnou mříž sloužící dvěma síťovým bubňům 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 v době mezi 9.30–9.34 hod. ke ztrátě vakua v kondenzátorech čtyř turbodmychadel bloku 1 a čtyř pomocných turbínových generátorů vlastní spotřeby, každá ze čtyř odpovídajících sběrnic byla znovu napájena ze sítě v průběhu jedné sekundy.

Hlavní turbogenerátor bloku 1 byl vypnut mezi 9.28–9.34 hod a reaktor byl odstaven.

Blok 2 byl stále v provozu, ačkoliv v době mezi 9.33–10.35 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 400kV vedení.

V 11.45 hod., po snížení napětí v rozvodné síti, byla dvě soustrojí hlavních turbínových generátorů téměř najednou odstavena (neúspěšný náběh vlastní spotřeby), což způsobilo pád tyčí a odstavení reaktoru zároveň se ztrátou vnějšího napětí (výpadek jističů).

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

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 klasifikována podle části IV – 3.2.1.3(b), pozicí D1 tabulky, tj. stupněm 3. Ačkoliv byla doba neprovoznosti krátká, pravděpodobnost ztráty vnějšího napájení byla vysoká. Skutečně k tomu došlo krátce poté. Proto není vhodné snižovat klasifikaci událost.

Příklad 8: Nesprávná kalibrace zónových detektorů přetížení – stupeň 1

Popis události:

Při běžné kalibraci zónových detektorů přetížení pro systémy odstavení 1 a 2 byla provedena nesprávná kalibrace. Použitý kalibrační faktor byl určen pro výkon na 96 %, zatímco reaktor byl na 100 % výkonu. Tato chyba kalibrace byla objevena asi o 6 hodin 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. Provoznost byla nižší než limity povolená a podmínkami provozu, ale větší než právě dostatečná, neboť byl k dispozici druhý parametr odstavení se zálohováním. Špatně kalibrované detektory by také zároveň zajistily ochranu pro většinu případů poruch.

Ochrana byla požadována pro „očekávané“ iniciační události. Podle části IV-3.2.1.3(b), pozice C1 v tabulce nabízí stupeň 1 nebo 2, přičemž byl zvolen stupeň 1, neboť provozuschopnost byla znatelně vyšší než právě dostatečná.

Při zvažování, zda je možné zůstat u základního hodnocení, se hodnotila krátká doba trvání poruchy, na druhé straně také nedostatky v postupu. Bylo rozhodnuto setrvat na hodnocení stupněm 1.

Příklad 9: Porucha dieselgenerátoru v průběhu pravidelných zkoušek – stupeň 1

Popis události:

Blok pracoval na nominálním výkonu. Při rutinních zkouškách jednoho dieselgenerátoru se vyskytla porucha jeho řídicího systému. Dieselgenerátor byl za účelem opravy vyřazen z provozu po dobu asi 6 hodin, a potom opětovně připojen. Limity a podmínky provozu požadují, aby se v případě, že je jeden dieselgenerátor vyřazen z provozu, provedly zkoušky dvou zbývajících. To nebylo v dané době provedeno. 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. Podle části IV – 3.2.1.3(b), pozice A1 v tabulce přiřazuje tedy při základním hodnocení stupeň 0. Personál však porušil LaP hodnocení události bylo podle návodu v části IV – 3.3. zvýšeno na stupeň 1.

Příklad 10: Malý únik z primárního okruhu – stupeň 2

Popis události:

V neoddělitelné/neizolovatelné části potrubí bezpečnostního vstřikování byl v důsledku defektu nepředpokládaného programem kontrol (prostor nebyl v rámci programu kontrolován) objeven velmi malý únik (detekovaný pouze měřením vlhkosti). Obdobné, ale menší defekty byly také v ostatních liniích vstřikování.

Vysvětlení hodnocení:

Podle části IV – 3.2.3 – pokud by defekt vedl k poruše komponenty – došlo by k velkému úniku chladiva (velká LOCA – nepravděpodobná iniciační událost). S použitím oddílu IV – 3.2.1.3(a), dává pole A3 tabulky horní hodnotu základní klasifikace 2. Jelikož došlo pouze k malému úniku (bez skutečné poruchy potrubí), měla by klasifikace být snížena o jeden stupeň. Avšak defekty mohly vést k chybě se společnou příčinou všech linií bezpečnostního vstřikování, byla klasifikace zvýšena na stupeň 2.

Příklad 11: Rychlé odstavení bloku způsobené poruchou elektrické sítě v důsledku tornáda – stupeň 3

Popis události:

Blok pracoval stabilně na nominálním výkonu. Následkem tornáda byly poškozeny přenosové linie. Vzhledem k silným oscilacím systému byl blok odstaven havarijní ochranou.

Pomocné napájení bloku bylo zajištěno z provozního transformátoru. Tlak v hlavním parním kolektoru se udržel a zbytkové teplo bylo odváděno. Chlazení aktivní zóny bylo zabezpečováno přirozenou cirkulací.

Při poklesu napětí byl vyslán signál k nastartování dieselgenerátoru, ale tomu se nepodařilo připojit k hlavní sběrnici. Poněvadž signál ke startu dieselgenerátoru trval, pokračovaly jeho periodické starty. Následné pokusy zajistit napájení přes pomocné sběrnice byly neúspěšné, poněvadž došel stlačený vzduch ve startovacích tlakových nádobách.

Čtyři hodiny po odstavení reaktoru došlo k úplné ztrátě napájení. O půl hodiny později bylo obnoveno napájení z vnějšího zdroje. V průběhu přechodového jevu byl stav aktivní zóny monitorován pomocí projektové instrumentace.

Vysvětlení hodnocení:

Kritéria dopadu události na zařízení a jeho okolí se při hodnocení neuplatňují. Událost byla hodnocena podle kritéria „dopad na hloubkovou ochranu“. Nastala skutečná iniciační událost, se ztrátou vnějšího napájení střídavým proudem, včetně kolísání frekvence a napětí, způsobených tornádem. Frekvence této iniciační události je *očekávaná*. Dostupnost bezpečnostní funkce byla, vzhledem ke krátkému času ztráty vnějšího napájení, právě dostačující.

S použitím části IV – 3.2.1.3(a) se přiřazují stupně 2 nebo 3. Jelikož byla bezpečnostní funkce pouze dostatečná, byl vybrán stupeň 3. Navíc došlo k porušení LaP, když byly iniciovány pokusy dostat reaktor na minimální kontrolovaný výkon bez provozuschopného dieselgenerátoru k provádění bezpečnostní funkce v podmínkách úplné ztráty napájení.

Příklad 12: Úplná ztráta vlastního napájení při požáru na strojovně – stupeň 3

Popis události:

Když byl těžkovodní reaktor (PHWR) reaktor provozován na výkonu, došlo k požáru v turbínové hale. Reaktor byl ručně odstaven a bylo zahájeno jeho dochlazování.

V důsledku požáru byly poškozeny a kabely a další elektrická zařízení, což vyústilo v úplnou ztrátu vlastního elektrického napájení. Chlazení aktivní zóny bylo zabezpečováno přirozenou cirkulací. Voda byla do sekundární části parogenerátorů dodávána pomocí požárních dieselových čerpadel. K moderátoru byla přidávána bórovaná těžká voda, aby byl reaktor udržován ve všech stadiích v podkritickém stavu.

Vysvětlení hodnocení:

Událost neměla žádný dopad na zařízení ani na jeho okolí. Ztráta vlastního elektrického napájení (třídy IV, III, II nebo I) představuje pro těžkovodní reaktory možnou iniciační událost, která skutečně nastala. Bezpečnostní funkce „chlazení“ byla dostatečná, protože byla využita požární dieselová čerpadla, která nejsou součástí běžného bezpečnostního systému. S použitím oddílu IV – 3.2.1.3(a), byla událost klasifikována stupněm 2/3. Byl vybrán stupeň

3, kvůli poruše se společnou příčinou (požár a degradace provozuschopnosti bezpečnostních systémů v důsledku ztráty mnoha ukazatelů) – více možných jednoduchých poruch už by mohla vést k havárii.

V-3.2. Příklady založené na přístupu zábran

Příklad 13: Nárůst tlaku v rozpouštěcí nádrži palivových elementů – stupeň 0

Popis události:

Detekce malého nárůstu tlaku v prostoru rozpouštěcí nádrže palivových elementů v závodě na zpracování 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 nebo životního prostředí.

Následné vyšetřování ukázalo, že nárůst tlaku byl způsoben abnormálním uvolněním páry a že zvýšená rychlost vzniku dusičné 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 14: Pracovník obdržel kumulativní celotělovou dávku přesahující dávkový limit – stupeň 1

Popis události:

Celotělová dávka, jíž byl ředitel elektrárny v posledních dvou prosincových týdnech vystaven, byla jen nepatrně 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. Základní klasifikace je stupeň 0, poněvadž nedošlo k žádné degradaci bezpečnostních zábran, které jsou k dispozici k zabránění významného ozáření pracovníků. Nicméně vzhledem k překročení povolené roční celotělové dávky musí být událost klasifikována stupněm 1 (Podle části IV – 3.3.).

Příklad 15: Porucha blokad stínících dveří – stupeň 2

Popis události:

K nehodě došlo v průběhu přepravy kontejneru s vysoce radioaktivním vitrifikovaným odpadem do kobky, jejíž 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 kobky byl v průběhu

spouštění kvůli vylepšení dvakrát modifikován. Tyto systémy selhaly a nezabránily přepravě vysoce aktivního materiálu do boxu při otevřených stínicích dveřích.

Vstup personálu do těchto prostor je řízen systémem povolení, který vyžaduje vybavení personálu signálními dozimetry. Personál, který mohl být v kobce 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 stínicí dveře. Nikdo tak nebyl vystaven dodatečné expozici. Projekt přístupů do boxů zařízení byl modifikován v průběhu spouštění a důsledky těchto změn nebyly dostatečně zváženy. Zvláště:

- a) Uvedení blokovacího systému výměny klíčů od stínicích dveří kobky do provozu 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) byl užíván příliš často a byl nedostatečně kontrolován. Celý TPMP vyžadoval vylepšení. Výcvik personálu a kontrola vstupů do aktivních boxů byly nedostatečné.

Vysvětlení hodnocení:

Ačkoliv došlo k významnému selhání řady bezpečnostních zábrán, zůstala k dispozici ochranná zábrana, jmenovitě povolení k pracovnímu vstupu do kobek vyžadující použití osobních signálních dozimetrů. Dopad na zařízení při maximální možné poruše lze hodnotit stupněm 4 (úmrť pracovníka), a tudíž je přiměřeně klasifikovat stupněm 2.

Příklad 16: Selhání řízení kritičnosti – stupeň 1

Popis události:

Rutinní kontrola shody s provozními pravidly v závodě na výrobu paliva ukázala, že 6 vzorků palivových tablet bylo nesprávně zabaleno. Navíc k povolenému balení byl každý vzorek umístěn do plastického kontejneru. Dodatečný plastický kontejner obsahoval požadavek, že „žádný materiál obsahující vodík navíc nesmí být připojen k povolenému obalu“ nebo vnesen do skladu. Následné vyšetřování ukázalo, že certifikát k zabránění kritičnosti bylo obtížné vysvětlit a s ním spojené hodnocení kritičnosti nebylo adekvátní a neumožňovalo úplné pochopení bezpečnostního hodnocení.

Vysvětlení hodnocení

Maximální možné následky kritičnosti by byly klasifikovány stupněm 4, tj. úmrtím pracovníka. Maximální klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany proto bude stupeň 2 (podle části IV – 3.2.2.3.). Zbývající bezpečnostní zábrany jsou:

- Kontroly na místě, k zabránění zaplavení (hodnoceno v bezpečnostní zprávě),

- Inspekce k zjištění odchylek od předpokladů učiněných v bezpečnostní zprávě (například přítomnost jiného materiálu s obsahem vodíku).

Zbývají tedy dvě bezpečnostní zábrany a základní klasifikace je stupeň 1. Tento stupeň by byl přiměřený také proto:

- Provoz byl mimo LaP
- Nedostatek bezpečnostní kultury při zajištění adekvátního posouzení a dokumentace.

Příklad 17: Dlouhotrvající ztráta ventilace v závodě na výrobu paliva – stupeň 1

Popis události:

V důsledku ztráty normální a havarijní ventilace a nesouladu se schválenými postupy pracoval personál více než hodinu bez dynamického kontejnmentu. Ventilace naplňuje dvojí roli. Za prvé směřuje radioaktivitu do uzavřených prostor s řízeným uvolňováním a filtračními okruhy, za druhé vytváří v takových prostorách mírný podtlak, aby se zabránilo přenosu radioaktivity do jiných prostor. Této formě kontejnmentu se říká „dynamický kontejnment“.

Nehoda začala ztrátou elektrického napájení normální ventilace. Nouzová ventilace, která měla převzít úlohu normální ventilace nenastartovala. Následné vyšetřování ukázalo, že zhroucení normálního systému a selhání nouzové ventilace při uvádění do chodu souvisí se společnou vazbou mezi elektrickým napájením těchto dvou systémů. Poplachový signál byl signalizován do strážního místa, ale k vedoucímu ani k provoznímu personálu informace nedorazila.

Provozní personál byl pouze hodinu po zahájení směny informován, že byl poplachový signál spuštěn.

Výsledky monitorování kontaminace vzduchu prováděné všemi pracovními stanicemi nezískaly žádné důkazy o zvýšení kontaminace atmosféry.

Popis hodnocení

Ventilační systém byl projektován, aby zajišťoval kaskádové proudění vzduchu z prostor s nízkou aktivitou do prostor s vyšší nebo potenciálně vyšší kontaminací. Kdyby došlo k souběhu s událostí vedoucí ke zvýšení tlaku, mohlo dojít k tomu, že část radioaktivity, normálně odváděná přes filtry, by mohla uniknout do provozních prostor zařízení a po té do atmosféry, bez stejné míry filtrace. Maximální možné následky by byly:

- Uvnitř zařízení: stupeň 3 (rozšíření kontaminace vzduchu),
- Vně zařízení: stupeň 4.

Maximální klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany je tudíž stupeň 2.

Zbývající nezávislá bezpečnostní zajištění, nezahrnující havarijní opatření, jsou:

- Instalované (automatické) protipožární systémy,
- Struktura budovy, která poskytuje ke snížení ozáření/dávek jak kontejnment, tak dekontaminaci,
- Nedošlo k požáru paliva.

V souladu s částí IV – 3.2.2.3, byly k dispozici více než dvě účinné bezpečnostní zábrany, a je tudíž přiměřená klasifikace stupněm 0. Nicméně, byly porušeny LaP (práce pokračovala bez ventilace), a proto se klasifikace zvyšuje na stupeň 1.

Příklad 18: Ztráta ventilace zařízení na skladování paliva – stupeň 1

Popis události:

Kontejnment vysoce aktivních kapalných odpadů byl zabezpečen následujícím:

- Nádobami/kontejnery;
- Dva oddělené 100% výpustní ventilační systémy, které poskytují dynamický kontejnment, nedovolující přenos radioaktivity do prostor a směřující radioaktivitu, která by se mohla rozšiřovat do okruhů k filtraci a zpracování;
- Chladicí systémy k zamezení varu;
- Pulzující bezpečnostní systémy k vyvarování se bodů s vysokou kontaminací (horkých bodů), v důsledku usazování pevných částic;
- Specifický ventilační systém k zajištění sběru vodíku, s cílem zabránit explozi.

Událost, která nastala představovala celkový výpadek ventilačních systémů. Po dobu tří hodin nebyl garantován tlakový rozdíl mezi kobkami a ostatními prostory. Nicméně bezpečnostní opatření k rozředování vodíku fungovala normálně (tlakové nádoby se stlačeným vzduchem a tlakové lahve s dusíkem).

Popis klasifikace:

Ventilační systém je vyžadován pro tři účely:

- (a) Udržování koncentrace vodíku pod nižším limitem exploze;
- (b) Řízení radioaktivních výpustí prostřednictvím filtrované cesty;
- (c) Udržování tlakových rozdílů mezi nádobami, kobkami a provozními prostory zařízení.

Déletrvající ztráta ventilace spolu s požárem nebo výbuchem v systému ventilace nádob mohla způsobit zvýšení:

- Zvýšené dávky personálu, maximální stupeň 3, prostřednictvím zvýšení tlaku.
- Rozšíření kontaminace vzduchu, maximální stupeň 3.
- Zvýšené výpusti do atmosféry ventilačními cestami kobek, které mají nižší míru filtrace než ventilační cesty nádob. Maximální následky mohou překročit stupeň 4.
- Poškození zařízení, ale s radioaktivním materiálem plně získatelným zpět a izolovaným (stupeň 4).

Zbývající bezpečnostní zábrany jsou:

- Chlazení nádoby, které omezuje rychlost vyvíjení plynných výpustí společně s měřením koncentrace H₂ a poplachovými signály s dostupností dusíku ke snížení obsahu kyslíku, v případě, že začne narůstat koncentrace vodíku.
- Absence mechanismu iniciace vznícení nebo výbuchu.

- Neporušené systémy ventilace kobek vzdálené od nádoby a budovy a neporušené struktury kobek, které mohou působit jako izolace a dekontaminační systém k redukování dopadů výpustí.

Podle části IV – 3.2.2.3. maximální možné následky dosahují stupně 5 a jsou k dispozici tři bezpečnostní zábrany. Základní klasifikace je tudíž stupeň 1 a nejsou žádné důvody k jejímu zvýšení.

Příklad 19: Ztráta uzavřeného zdroje – stupeň 2

Popis události:

Zdroj 2 GBq ^{226}Ra používaný k funkčním zkouškám měřících přístrojů v průběhu testování série radiačních měřičů zmizel ze svého stíněného transportního kontejneru. Zdroj byl nalezen v kontrolovaném pásmu, kde ležel na chodbě volně přístupné personálu.

Vysvětlení hodnocení:

Takový zdroj vyzařuje v 1 cm 80 Sv/h, tedy dost, aby způsobil během několikaminutové expozice popáleniny (stupeň 3) nebo smrt. Maximální klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany je tedy stupeň 2. Vzhledem k rychlosti působení byly veškeré možné bezpečnostní zábrany neúčinné. Klasifikace je tedy stupeň 2.

Příklad 20: Rozlití kapaliny kontaminované plutoniem na podlahu laboratoře – stupeň 2

Popis události:

Odpojila se pružná hadice napájení chladicí vody do skleněného chladiče v digestoři. Voda zaplavila digestoř a naplnila obouruční rukavici, až se roztrhla. Rozlitá voda obsahovala asi 2,3 Gbq ^{239}Pu .

Vysvětlení hodnocení:

Laboratoř nebyla na rozlití projektována. Rozlitá kapalina je ohodnocena radiologickou ekvivalencí několika set GBq ^{106}Ru .

Z části III – 2.4,

$$\begin{array}{lcl} 1 \text{ Bq } ^{239}\text{Pu} & \equiv & 3000 \text{ Bq } ^{106}\text{Ru} \\ 2.3 \text{ GBq } ^{239}\text{Pu} & \equiv & 6.9 \times 10^3 \text{ GBq } ^{106}\text{Ru} \end{array}$$

Rozlité množství je větší než hodnota pro stupeň 2, ale menší než pro stupeň 3 (několik tisíc TBq). Poněvadž šlo o rozlití kontaminované kapaliny, je pravděpodobnost významného ozáření personálu malá.

Příklad 21: Nález jaderného materiálu v přepravním kontejneru, o němž se předpokládalo, že je prázdný – stupeň 1

Závod na výrobu jaderného paliva dostává ze zahraničí oxid uranu obohacený izotopem ^{235}U . Materiál je dovážen ve speciálních mechanicky utěsněných kanystrech vložených do námořního přepravního kontejneru. Po vyprázdnění kanystřů, zasílá výrobce paliva prázdné

kanystry zpět dodavateli. Při obdržení kontejneru se 150 domněle prázdnými kanystry zjistil dodavatel oxidu uranu, že dva kanystry byly plné a obsahovaly celkem 100 kg oxidu uranu. Odhadovaná aktivita tohoto jaderného materiálu činila 8^9 Bq, ale vnější povrch kanystrů ani námořního přepravního kontejneru nebyl kontaminován. Ani pracovník, ani žádný obyvatel neobdržel v důsledku této události žádnou nepředvídanou dávku.

Popis klasifikace:

Ačkoliv obalový soubor byl stejný i pro prázdné kanystry (mechanické utěsnění zůstávalo, stejně jako vlastnosti kontejneru), označení transportu bylo méně náročné a bezpečnostní opatření pro manipulace byly mírně uvolněny. Šlo tedy o porušení LaP a (podle části V – 1.11) je událost klasifikována stupněm 1.

Příklad 22: Úplná ztráta chlazení při odstávce reaktoru – stupeň 1

Popis události:

Když se automaticky uzavřely nasávací ventily systému odvodu zbytkového tepla, který byl v provozu, došlo k několikahodinové ztrátě chlazení reaktorové nádoby. Tyto ventily se uzavřely následkem ztráty elektrického napájení druhé divize ochranného bezpečnostního systému. Kvůli údržbě byl záložní zdroj elektrické energie neprovozuschopný. Reaktor byl v odstávce dlouhou dobu (16 měsíců) a zbytkové teplo bylo velice nízké. V průběhu doby, kdy nebylo chlazení provozuschopné, se voda v reaktorové nádobě začala ohřívat rychlostí $0,3$ °C za hodinu. Systém odvádění zbytkového tepla byl asi po 6 hodinách opět zprovozněn.

Vysvětlení hodnocení:

Vzhledem k tomu, že byl reaktor v odstávce, musí být událost hodnocena pomocí přístupu zábran.

- (a) Pro tuto konkrétní událost byl k dispozici, ještě než mohly nastat nějaké významné důsledky (jako degradace aktivní zóny, nebo významný radiační únik), dlouhý časový interval. Čas, který byl k dispozici dovoval využití širokého spektra opatření k nápravě situace, což lze považovat za bezpečnostní zábranu s vysokou integritou, jak se uvádí v části IV – 3.2.2.1. Jako výsledek existence této zábrany je základní klasifikace stupeň 0.
- (b) Při uvážení, že daná konfigurace byla porušením LaP, vzhledem k času povoleném pro nápravu situace, by klasifikace byla stupeň 1.
- (c) Kdyby zbytkové teplo nebylo tak malé, byl by k dispozici mnohem menší časový interval, což by nebylo možné považovat za bezpečnostní zábranu s vysokou integritou. V takovém případě by byly účinné bezpečnostní zábrany následující:
 - Postupy a zásahy personálu k obnovení napájení divize 2 ochranného bezpečnostního systému elektrickou energií;
 - Postupy a zásahy personálu k obnovení systému odvodu zbytkového tepla alternativními systémy.

Maximální možné následky pro uvažované zařízení vedou ke stupni 5 a vyššímu, takže musí být použit první sloupec tabulky V. Poněvadž by zbývaly dvě bezpečnostní zábrany, byla by událost klasifikována stupněm 2.

Příklad 23: Puls výkonu u výzkumného reaktoru při výměně paliva – stupeň 2

Popis události:

U výzkumného reaktoru bazénového typu došlo k pulsu výkonu, který skončil rychlým odstavením reaktoru následkem zapůsobení ochrany od výkonu. Reaktor je rutinně provozován na výkonu 2 MW. Po výměně vložených bezpečnostních řídicích tyčí byly palivové soubory vráceny do aktivní zóny. Po zavezení pátého palivového souboru byly vložené bezpečnostní tyče vytaženy kvůli kontrole, zda není reaktor v kritickém stavu. Tyče byly vytaženy z 85%, místo požadovaných 40% (bezpečnostní pozice). Při zasunutí šestého palivového souboru byla zpozorována modrá záře a došlo k rychlému odstavení reaktoru následkem přetížení. S úmyslem vyhnout se nežádoucím odstavením reaktoru při přemísťování paliva na nové pozice byla přemostěna logaritmická ochrana - odstavení od výkonu a přemostění nebylo odstraněno. Maximum přechodového jevu nárůstu výkonu bylo odhadnuto na přibližně 300 % plného výkonu. Procedury týkající se výměny paliva se přehodnocují a revidují.

Vysvětlení hodnocení:

Úvod k oddílu 3.2. stanovuje, že k posuzování výzkumných reaktorů má být používán přístup bezpečnostních zábran. Proto je prvním krokem identifikace maximálních možných následků. V tomto případě se tak stalo a bylo zjištěno, že maximální možná klasifikace by pro tento reaktore nepřekročila stupeň 3. Jednou bariérou, která zabránila významnému úniku bylo odstavení reaktoru. Detaily této ochrany nebyly poskytnuty, ale pokud není prokázáno, že existují dvě nebo více zálohovaných ochranných zábran, účinných za předcházejících provozních podmínek, musí být brána v úvahu existence pouze jedné zábrany, chránící před významným únikem. klasifikace podle tabulky V je tudíž stupeň 2.

ČÁST VI. PŘÍLOHY

Příloha I.

VÝPOČET RADIOLOGICKÉ EKVIVALENCE

I.1. ÚVOD

Tato příloha uvádí multiplikační faktory, které mohou být aplikovány na aktivitu uvolněnou specifickým radionuklidem, aby byla srovnatelná s aktivitou ^{131}I . Hodnoty inhačních koeficientů, které byly publikovány v poslední době, jsou zahrnuty v Základních bezpečnostních standardech Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA Basic Safety Standards – BSS⁸). Jsou použity v následujících analýzách.

I.2. METODA

Byly použity scénáře a metodologie srovnatelné s těmi v předcházejícím návodu INES. Dále je uvedeno jejich shrnutí:

(a) Pro dopad vně zařízení byly uvažovány dvě následující cesty:

- Dávka inhalací (efektivní, dospělá osoba z řad obyvatelstva) z koncentrace radionuklidů ve vzduchu při rychlosti dýchání $3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a inhačním dávkovým koeficientem (D_{inh} , SvBq^{-1});
- Vnější dávka záření gama (efektivní, dospělá osoba), integrovaná za 50 let, z radionuklidů usazených na povrchu země. Pozemní usazeniny se vztahují k vzdušné kontaminaci s použitím rychlostí usazování (V_g) 10^{-2} m s^{-1} pro elementární jód a $1,5 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$ pro ostatní látky. Pro každý radionuklid se používá dávka integrovaná z jednotkové pozemní depozice za 50 let (D_{gnd} , Sv/Bq m^{-2} a k zohlednění drsnosti povrchu země se aplikuje faktor 0,5. Celková dávka (D_{tot}), která vyplývá z úniku aktivity Q a času načítání/integrace, z přízemní koncentrace radionuklidů ve vzduchu X ($\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ na Bq uvolněný) je:

$$D_{\text{tot}} = QX (D_{\text{inh}} \cdot \text{rychlost dýchání} + V_g D_{\text{gnd}} \cdot 0,5)$$

Relativní radiologická ekvivalence k ^{131}I může být tedy pro každý radionuklid stanovena jako podíl příslušných hodnot $D_{\text{tot}} / (QX)$.

(b) Následky uvnitř zařízení berou v úvahu pouze inhalaci a koeficienty inhalace pro pracovníky.

I.3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Koeficienty inhalace ve druhém a třetím sloupci tabulky VII byly převzaty ze Základních bezpečnostních standardů (BSS – viz ⁸), kromě U_{nat} , který tam není uveden. Hodnoty U_{nat}

⁸ Organizace Spojených národů pro výživu a zemědělství, Mezinárodní agentura pro atomovou energii, Mezinárodní organizace práce, Nukleární agentura OECD, Panamerická zdravotní organizace a Světová zdravotnická organizace, Mezinárodní základní bezpečnostní standardy k ochraně proti ionizujícímu záření a bezpečnost zdrojů radiace, Safety Series, No. 115, Vienna, (1996).

byly vypočítány součtem příspěvků ^{238}U , ^{235}U a ^{234}U a jejich hlavních rozpadových produktů, jak je uvedeno dále. Kde u radionuklidů existují různé typy absorpce plícemi, byla použita maximální hodnota koeficientu inhalace.

Integrované dávky vnějšího gama záření za období 50 let byly spočítány Národní radou radiační ochrany Velké Británie. Data pro ^{235}U zahrnují ^{231}Th a údaje pro ^{235}U zahrnují ^{234}Th a $^{234}\text{Pa}^m$. Hodnoty pro přírodní uran byly vypočítány s použitím následujících podílů: ^{234}U (48,9 %), ^{235}U (2,2 %) a ^{238}U (48,9 %).

I.4. VÝSLEDKY

Multiplikační faktory aplikovatelné pro dopad uvnitř zařízení se získají dělením hodnoty pro každý radionuklid hodnotou pro ^{131}I . Ty jsou uvedeny v tabulce IX a v zaokrouhlené podobě v tabulce X. Patří mezi několik faktorů, které již byly publikovány v předešlém, vysvětlovacím dokumentu INES.⁹

Výpočet multiplikačních faktorů pro dopad vně zařízení je uveden v tabulce XI. K získání celkové dávky z obou cest – pro externí dávku a dávku z inhalace je externí dávka doplněna v $\text{Bq} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ve třetím sloupci, inhalační dávka je uvedena ve sloupci sedmém, sumární dávka z obou cest v osmém sloupci. K získání multiplikačních faktorů uváděných v posledním sloupci jsou hodnoty pro každý radionuklid děleny hodnotami pro ^{131}I . Tyto hodnoty v zaokrouhlené formě uvádí tabulka X. Tyto multiplikační faktory již byly publikovány v předešlém, vysvětlujícím dokumentu INES.⁹

⁹ Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA), Vyjasnění vznesených sporných otázek, Dodatek k uživatelské příručce INES, IAEA, Vienna (1996).

TABULKA VIII. ZÁKLADNÍ DATA

Nuklid	Koeficient inhalace		Vnější kontaminace ze spadu	
	Sv/Bq (pracovníci) (pozn. 8)	Sv/Bq (obyvatelstvo) (pozn. 8)	Sv.h ⁻¹ na Bq.m ⁻² (a)	Sv.50 a ⁻¹ na Bq.m ⁻² (b)
¹³¹ I	1.10 x 10 ⁻⁸	7.40 x 10 ⁻⁹	-	2.48 x 10 ⁻¹⁰
HTO	1.80 x 10 ⁻¹¹	2.60 x 10 ⁻¹⁰	-	0
³² P	2.90 x 10 ⁻⁹	3.40 x 10 ⁻⁹	-	0
⁵⁴ Mn	1.20 x 10 ⁻⁹	1.50 x 10 ⁻⁹	-	1.96 x 10 ⁻⁸
⁶⁰ Co	1.70 x 10 ⁻⁸	3.10 x 10 ⁻⁸	-	2.30 x 10 ⁻⁷
⁹⁹ Mo	1.10 x 10 ⁻⁹	9.90 x 10 ⁻¹⁰	-	5.57 x 10 ⁻¹¹
¹³⁷ Cs	6.70 x 10 ⁻⁹	3.90 x 10 ⁻⁸	-	1.25 x 10 ⁻⁷
¹³⁴ Cs	9.60 x 10 ⁻⁹	2.00 x 10 ⁻⁸	-	7.24 x 10 ⁻⁸
¹³² Te	3.00 x 10 ⁻⁹	2.00 x 10 ⁻⁹	-	6.49 x 10 ⁻¹⁰
⁹⁰ Sr	7.70 x 10 ⁻⁸	1.60 x 10 ⁻⁷	-	0
¹⁰⁶ Ru	3.50 x 10 ⁻⁸	6.60 x 10 ⁻⁸	-	5.27 x 10 ⁻⁹
²³⁴ U(S) ^b	6.80 x 10 ⁻⁶	9.40 x 10 ⁻⁶	3.40 x 10 ⁻¹⁶	1.49 x 10 ⁻¹⁰
²³⁵ U(S) ^b	6.10 x 10 ⁻⁶	8.50 x 10 ⁻⁶	3.65 x 10 ⁻¹³	1.60 x 10 ⁻⁷
²³⁵ U(M) ^b	1.80 x 10 ⁻⁶	3.10 x 10 ⁻⁶	3.65 x 10 ⁻¹³	1.60 x 10 ⁻⁷
²³⁵ U(F) ^b	6.00 x 10 ⁻⁷	5.20 x 10 ⁻⁷	3.65 x 10 ⁻¹³	1.60 x 10 ⁻⁷
²³⁸ U(S) ^b	5.70 x 10 ⁻⁶	8.00 x 10 ⁻⁶	5.36 x 10 ⁻¹⁴	2.35 x 10 ⁻⁸
²³⁸ U(M) ^b	1.60 x 10 ⁻⁶	2.90 x 10 ⁻⁶	5.36 x 10 ⁻¹⁴	2.35 x 10 ⁻⁸
²³⁸ U(F) ^b	5.80 x 10 ⁻⁷	5.00 x 10 ⁻⁷	5.36 x 10 ⁻¹⁴	2.35 x 10 ⁻⁸
U _{nat}	6.20 x 10 ⁻⁶	8.70 x 10 ⁻⁶	3.44 x 10 ⁻¹⁴	1.51 x 10 ⁻⁸
²³⁹ Pu	1.00 x 10 ⁻⁴	1.20 x 10 ⁻⁴	1.75 x 10 ⁻¹⁶	7.67 x 10 ⁻¹¹
²⁴¹ Am	2.70 x 10 ⁻⁵	9.60 x 10 ⁻⁵	3.65 x 10 ⁻¹⁴	1.60 x 10 ⁻⁸

a Výpočet radiologické ekvivalence pro uživatelskou příručku INES, dopis S. Hughese S. J. Mortinovi, 2000.

b Typy absorpce plícemi: S – pomalá, M – střední, F – rychlá. Při nejistotě se bere nejkonzervativnější hodnota.

TABULKA IX. DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ, POUZE INHALACE

Nuklid	Koeficient inhalace Sv/Bq (pracovníci)	Vztaženo k ¹³¹ I
¹³¹ I	1.10×10^{-8}	1.0
HTO	1.80×10^{-11}	0.002
³² P	2.90×10^{-9}	0.3
⁵⁴ Mn	1.20×10^{-9}	0.1
⁶⁰ Co	1.70×10^{-8}	1.5
⁹⁹ Mo	1.10×10^{-9}	0.1
¹³⁷ Cs	6.70×10^{-9}	0.6
¹³⁴ Cs	9.60×10^{-9}	0.9
¹³² Te	3.00×10^{-9}	0.3
⁹⁰ Sr	7.70×10^{-8}	7.0
¹⁰⁶ Ru	3.50×10^{-8}	3.2
²³⁵ U(S) ^b	0.10×10^{-6}	554.5
²³⁵ U(M) ^b	1.80×10^{-6}	163.6
²³⁵ U(F) ^b	6.00×10^{-7}	54.5
²³⁸ U(S) ^b	5.70×10^{-6}	518.2
²³⁸ U(M) ^b	1.60×10^{-6}	145.5
²³⁸ U(F) ^b	5.80×10^{-7}	52.7
U _{nat}	6.20×10^{-6}	563.6
²³⁹ Pu	1.00×10^{-4}	9090.9
²⁴¹ Am	2.70×10^{-5}	2454.5

a Typy absorpce plicemi: S – pomalá, M – střední, F – rychlá. Při nejistotě se bere nejkonzervativnější hodnota.

TABULKA X. DOPAD MIMO ZAŘÍZENÍ, INHALACE A EXTERNÍ DÁVKA ZE SPADU

Nuklid	Externí dávka za 50let (Sv na Bq.m ⁻²)	Rychlost usazování, V _g (m.s ⁻¹)	Externí dávka za 50let (Sv na Bq.s.m ⁻³)	Koeficient inhalace (obyvat.) (Sv na Bq)	Rychlost dýchání (m ³ s ⁻¹)	Inhalační dávka Sv na (Bq.s.m ⁻³)	Celková dávka Sv na (Bq.s.m ⁻³)	Vztaženo k ¹³¹ I
¹³¹ I	2.48x10 ⁻¹⁰	1.00x10 ⁻²	1.24x10 ⁻¹²	7.40x10 ⁻⁹	3.30x10 ⁻⁴	2.44x10 ⁻¹²	3.68x10 ⁻¹²	1.0
HTO	0	0	0	2.60x10 ⁻¹⁰	3.30x10 ⁻⁴	8.58x10 ⁻¹⁴	8.58x10 ⁻¹⁴	0.02
³² P	0	1.50x10 ⁻³	0	3.40x10 ⁻⁹	3.30x10 ⁻⁴	1.12x10 ⁻¹²	1.12x10 ^{-12z}	0.30
⁵⁴ Mn	1.96x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.47x10 ⁻¹¹	1.50x10 ⁻⁹	3.30x10 ⁻⁴	4.95x10 ⁻¹³	1.52x10 ⁻¹¹	4.1
⁶⁰ Co	2.30x10 ⁻⁷	1.50x10 ⁻³	1.73x10 ⁻¹⁰	3.10x10 ⁻⁸	3.30x10 ⁻⁴	1.02x10 ⁻¹¹	1.83x10 ⁻¹⁰	49.6
⁹⁹ Mo	5.57x10 ⁻¹¹	1.50x10 ⁻³	4.18x10 ⁻¹⁴	9.90x10 ⁻¹⁰	3.30x10 ⁻⁴	3.27x10 ⁻¹³	3.68x10 ⁻¹³	0.1
¹³⁷ Cs	1.25x10 ⁻⁷	1.50x10 ⁻³	9.38x10 ⁻¹¹	3.90x10 ⁻⁸	3.30x10 ⁻⁴	1.29x10 ⁻¹¹	1.07x10 ⁻¹⁰	29.0
¹³⁴ Cs	7.24x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	5.43x10 ⁻¹¹	2.00x10 ⁻⁸	3.30x10 ⁻⁴	6.60x10 ⁻¹²	6.09x10 ⁻¹¹	16.5
¹³² Te	6.49x10 ⁻¹⁰	1.50x10 ⁻³	4.87x10 ⁻¹³	2.00x10 ⁻⁹	3.30x10 ⁻⁴	6.60x10 ⁻¹³	1.15x10 ⁻¹²	0.3
⁹⁰ Sr	0	1.50x10 ⁻³	0	1.60x10 ⁻⁷	3.30x10 ⁻⁴	5.28x10 ⁻¹¹	5.28x10 ⁻¹¹	14.3
¹⁰⁶ Ru	5.27x10 ⁻⁹	1.50x10 ⁻³	3.95x10 ⁻¹²	6.60x10 ⁻⁸	3.30x10 ⁻⁴	2.18x10 ⁻¹¹	2.57x10 ⁻¹¹	7.0
²³⁵ U(S) ^b	1.60x10 ⁻⁷	1.50x10 ⁻³	1.20x10 ⁻¹⁰	8.50x10 ⁻⁶	3.30x10 ⁻⁴	2.81x10 ⁻⁹	2.92x10 ⁻⁹	794.4
²³⁵ U(M) ^b	1.60x10 ⁻⁷	1.50x10 ⁻³	1.20x10 ⁻¹⁰	3.10x10 ⁻⁶	3.30x10 ⁻⁴	1.02x10 ⁻⁹	1.14x10 ⁻⁹	310.4
²³⁵ U(F) ^b	1.60x10 ⁻⁷	1.50x10 ⁻³	1.20x10 ⁻¹⁰	5.20x10 ⁻⁷	3.30x10 ⁻⁴	1.72x10 ⁻¹⁰	2.92x10 ⁻¹⁰	79.2
²³⁸ U(S) ^b	2.35x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.76x10 ⁻¹¹	8.00x10 ⁻⁶	3.30x10 ⁻⁴	2.64x10 ⁻⁹	2.66x10 ⁻⁹	721.8
²³⁸ U(M) ^b	2.35x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.76x10 ⁻¹¹	2.90x10 ⁻⁶	3.30x10 ⁻⁴	9.57x10 ⁻¹⁰	9.75x10 ⁻¹⁰	264.7
²³⁸ U(F) ^b	2.35x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.76x10 ⁻¹¹	5.00x10 ⁻⁷	3.30x10 ⁻⁴	1.65x10 ⁻¹⁰	1.83x10 ⁻¹⁰	49.6
U _{nat}	1.51x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.13x10 ⁻¹¹	8.70x10 ⁻⁶	3.30x10 ⁻⁴	2.87x10 ⁻⁹	2.88x10 ⁻⁹	782.8
²³⁹ Pu	7.67x10 ⁻¹¹	1.50x10 ⁻³	5.75x10 ⁻¹⁴	1.20x10 ⁻⁴	3.30x10 ⁻⁴	3.96x10 ⁻⁸	3.96x10 ⁻⁸	10755
²⁴¹ Am	1.60x10 ⁻⁸	1.50x10 ⁻³	1.20x10 ⁻¹¹	9.60x10 ⁻⁵	3.30x10 ⁻⁴	3.17x10 ⁻⁸	3.17x10 ⁻⁸	8607.3

TABULKA XI. RADIOLOGICKÁ EKVIVALENCE

Nuklid	Multiplikační faktor	
	Dopad mimo zařízení	Dopad uvnitř zařízení
¹³¹ I	1(1)	1(1)
HTO	0.02(-)	0.002(-)
³² P	0.3(-)	0.3(-)
⁵⁴ Mn	4(-)	0.1(-)
⁶⁰ Co	50(-)	1.5(-)
⁹⁹ Mo	0.1(-)	0.1(-)
¹³⁷ Cs	30(90)	0.6(1)
¹³⁴ Cs	20(-)	0.9(2)
¹³² Te	0.3(-)	0.3(4)
⁹⁰ Sr	10(30)	7(10)
¹⁰⁶ Ru	7(10)	3(1)
²³⁵ U(S) ^b	800(-)	600(-)
²³⁵ U(M) ^b	300(-)	200(-)
²³⁵ U(F) ^b	100(-)	50(-)
²³⁸ U(S) ^b	700(2500)	500(1000)
²³⁸ U(M) ^b	300(-)	100(-)
²³⁸ U(F) ^b	50(80)	50(35)
U _{nat}	800	600
²³⁹ Pu	10 000(9000)	9000(10 000)
²⁴¹ Am	9000(9000)	2000(10 000)

a Typy absorpce plicemi: S – pomalá, M – střední, F – rychlá. Při nejistotě se bere nejkonzervativnější hodnota.

Poznámka: Hodnoty v závorkách jsou uvedeny v [8].

Příloha II.

PŘEHLED POSTUPŮ KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ PRO REAKTORY NA VÝKONU PODLE OCHRANY DO HLOUBKY

II.1. ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY

Hloubkovou ochranu lze brát v úvahu různými způsoby. Například lze brát v úvahu počet bariér, které jsou k dispozici, aby zabránily úniku (např. pokrytí paliva, tlaková nádoba, kontejnment). Stejně lze brát v úvahu početné systémy, které by musely selhat předtím, než by mohlo dojít k havárii (např. ztráta vnějšího elektrického napájení plus selhání/porucha všech dieselagregátů). Druhý přístup je uplatňován v rámci klasifikační procedury INES.

Základní klasifikační postup se soustřeďuje na rozsah selhání/poruch bezpečnostních systémů a zda byly bezpečnostní systémy aktivovány. Nicméně se přitom uznává, že následky selhání systémů mohou být značně odlišné. Možné následky jsou v INES ošetřeny poměrně jednoduše. Pro události, kde by mohly maximální možné následky dosáhnout stupně 5 nebo vyššího, je maximální klasifikace podle kritéria hloubkové ochrany stupněm 3 odpovídající. Jestliže nemohou být maximální možné následky vyšší než stupeň 4, pak je maximum podle kritéria hloubkové ochrany stupeň 2. Podobně jestliže maximální možné následky nemohou přesáhnout stupeň 2, pak je maximum podle kritéria hloubkové ochrany stupeň 1.

Nyní budeme podrobněji posuzovat přístup k hodnocení událostí. V příručce jsou popsány dva oddělené, ale obdobné přístupy. První, který je sumarizován zde, je zjevně nepřiměřenější pro události spjaté s reaktory na výkonu. Druhý je více přiměřený pro události vztahující se na reaktory v odstávce, chemické závody, selhání v palivovém cyklu, opatření spojená s ochranou pracovníků atd. Obecně závisí styl posuzování, který má být použit, na způsobu, jímž bylo provedeno bezpečnostní hodnocení jaderného zařízení

II.2. POSTUPY PRO UDÁLOSTI REAKTORŮ NA VÝKONU

Uvažujeme jadernou elektrárnu, kde je ochrana proti ztrátě vnějšího napájení zabezpečena čtyřmi základními dieselgenerátory. Aby došlo k havárii, musí událost vyvolat opatření bezpečnostního systému (např. ztráta vnějšího napájení) a příslušná ochrana musí selhat (např. nenastartuje žádný diesel). Počáteční vyvolání bezpečnostního systému (v tomto případě ztráta vnějšího napájení) se nazývá iniciační událost (iniciátor) a reakce dieselů je definována „Provozeroschopností bezpečnostní funkce“ (v tomto případě dochlazování po odstavení reaktoru). Proto, aby došlo k havárii, je nutná iniciační událost a provozuschopnost bezpečnostních funkcí musí být nedostatečná.

Ochrana do hloubky odhaduje, jak blízko jsme havárii, t.zn. zda došlo k iniciační události, jak byla pravděpodobná a provozuschopnost bezpečnostních systémů. Kdyby došlo ke ztrátě vnějšího napájení, ale nastartovaly by všechny diesely, což se přepokládá, byla by havárie nepravděpodobná (taková událost by pravděpodobně byla klasifikována stupněm 0). Podobně jestliže byl jeden diesel v poruše při zkoušce, ale ostatní byly provozuschopné a vnější napájení rovněž, byly by havárie nepravděpodobná (znovu, taková událost by pravděpodobně byla klasifikována stupněm 0).

Nicméně, kdyby se zjistilo, že veškeré diesely byly neprovozeroschopné měsíc, pak dokonce i pokud by bylo vnější napájení elektrickou energií k dispozici a provoz dieselů nebyl vyžadován, havárie jako možnost při ztrátě vnějšího napájení by byla relativně vysoká (taková událost by pravděpodobně byla klasifikována stupněm 3, za předpokladu, že neexistovaly jiné linie ochrany).

Postupy klasifikace tedy posuzují, zda se vyžadovalo, aby bezpečnostní funkce zapracovaly (tj. výskyt iniciační události), předpokládanou pravděpodobnost iniciační události a provozuschopnost příslušných bezpečnostních funkcí.

Příloha III.

ODVOZENÍ TABULEK PRO KLASIFIKACI REAKTORŮ NA VÝKONU (ODDÍL IV.-3.2.1)

III.1. NEHODY ZAHRNUJÍCÍ DEGRADACI BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ BEZ INICIAČNÍ UDÁLOSTI (ČÁST IV-3.2.1.3(B))

Kategorizace nehody bude v první řadě záviset na rozsahu, do nějž jsou bezpečnostní funkce degradovány, a na pravděpodobnosti iniciační události, na kterou mají reagovat. Přísně vzato, druhým faktorem je pravděpodobnost výskytu iniciační události v časovém intervalu, kdy je daná bezpečnostní funkce degradována, poněvadž doba neprovoznosti se bude lišit případ od případu. Proto pokud je doba neprovoznosti krátká, může být odpovídající klasifikace o stupeň nižší, než by odpovídalo hodnotě v tabulce.

Je-li provozuschopnost požadované bezpečnostní funkce nedostatečná (nezáleží na tom, zda je právě nedostatečná, nebo velmi nedostatečná), pak k havárii nedošlo jen proto, že nenastala iniciační událost. Pro takovou nehodu, kdy se bezpečnostní funkce vyžaduje pro očekávané iniciační události, tj. události, které jsou v průběhu životnosti elektrárny očekávány jednou nebo vícekrát, je přiměřená klasifikace stupněm 3. Jestliže je nedostatečná bezpečnostní funkce vyžadována pouze pro možné nebo nepravděpodobné iniciační události, je jasně přiměřené klasifikovat nižším stupněm, poněvadž pravděpodobnost havárie je značně nižší. Proto dává tabulka pro možné iniciační události stupeň 2 a stupeň 1 pro iniciační události, které jsou nepravděpodobné.

Je zřejmé, že vybraný stupeň klasifikace má být nižší pro situaci, kdy je bezpečnostní funkce přiměřená, než když je nedostatečná. Jsou-li tedy bezpečnostní funkce vyžadovány pro očekávané iniciační události a její provozuschopnost je právě přiměřená, je odpovídající klasifikací stupeň 2. Nicméně, provozuschopnost bezpečnostní funkce může být v řadě případů podstatně větší než dostatečná, ale stále mimo LaP. To se může stát, protože LaP vyžadují minimální provozuschopnost bezpečnostních funkcí pro některé očekávané iniciační události, často ještě se zahrnutím zálohování a diverzifikace. V takových situacích by byla přiměřená klasifikace stupněm 1. Proto tedy tabulka ukazuje výběr mezi stupni 1 nebo 2. Vhodný stupeň by měl být vybrán v závislosti na zbývajícím zálohování a diverzifikaci.

Jestliže se bezpečnostní funkce požaduje pro možné nebo nepravděpodobné iniciační události, potom snížení o jeden stupeň vůči stupni odvozenému výše pro nedostatečný systém dává klasifikaci stupněm 1 pro možné a stupněm 0 pro méně pravděpodobné iniciační události. Nicméně se nepovažuje za přiměřené kategorizovat stupněm 0 redukcí v bezpečnostním systému pod hranici vyžadovanou LaP. V takovém případě byla totiž prolomena jedna důležitá součást hloubkové ochrany, zálohovaný bezpečnostní systém. Tudiž dává tabulka klasifikaci stupněm 1 pro možné i pro nepravděpodobné události.

Jestliže je provozuschopnost bezpečnostní funkce v rámci LaP, zůstala jaderná elektrárna uvnitř své bezpečné provozní obálky a odpovídající klasifikací je stupeň 0, a to pro všechny četnosti výskytu iniciačních událostí. To je z tabulky rovněž patrné.

III.2. NEHODY ZAHRNUJÍCÍ SKUTEČNOU INICIAČNÍ UDÁLOST (ČÁST IV-3.2.1.3(A))

Zde bude kategorizace nehody v první řadě záviset na provozuschopnosti bezpečnostních funkcí, ale pro zachování kontinuity se používá stejná struktura tabulky jako pro události bez skutečného iniciátoru.

Je zřejmé, že pokud je bezpečnostní funkce nedostatečná, dojde k havárii, která může být kategorizována podle dopadu uvnitř nebo vně zařízení. Nicméně pokud jde o hloubkovou ochranu, reprezentuje nejvyšší kategorii stupeň 3. Úplná ztráta hloubkové ochrany je vyjádřena v tabulce jako 3+.

Jestliže je bezpečnostní funkce právě dostatečná, potom je přiměřený stupeň 3, protože další porucha by už vedla k havárii. Nicméně, jak již bylo poznamenáno, když je provozuschopnost (neprovozuschopnost) menší než provozuschopnost požadovaná LaP, může být ještě podstatně vyšší než postačující, zejména pro očekávané iniciační události. Tudíž tabulka pro očekávané události a dostatečné bezpečnostní funkce udává stupně 2/3. Výběr závisí na tom, do jakého rozsahu je provozuschopnost vyšší než právě dostatečná. Pro nepravděpodobné iniciační události je provozuschopnost požadovaná LaP pravděpodobně právě dostatečná, a proto bude obecně přiměřené pro dostatečnou provozuschopnost funkce hodnocení stupněm 3. Nicméně mohou existovat specifické iniciační události, pro něž existuje zálohování bezpečnostních funkcí, a proto tabulka ukazuje stupně 2/3 pro všechny četnosti iniciačních událostí.

Jak je uvedeno v tabulce, jestliže je plná provozuschopnost bezpečnostních funkcí a nastane očekávaná iniciační událost, klasifikace by měla být jasně stupeň 0. Nicméně výskyt možných nebo nepravděpodobných iniciačních událostí, i když může být k dispozici uvažované zálohování bezpečnostních systémů, reprezentuje selhání jedné z důležitých částí hloubkové ochrany, jmenovitě prevenci iniciačních událostí. Z tohoto důvodu, dává tabulka pro možné iniciační události stupeň 1 a pro nepravděpodobné stupeň 2.

Jestliže je provozuschopnost bezpečnostních funkcí na úrovni minimálně požadované LaP, potom v některých případech, jak bylo již uvedeno, pro možné a zvláště pro nepravděpodobné iniciační události nebude žádné další zálohování. Tudíž je přiměřená klasifikace stupni 2/3, v závislosti na zbývajícím zálohování. Pro očekávané události bude existovat dodatečné zálohování, a tak je navrhována nižší kategorizace. Tabulka ukazuje stupně 1/2, kde opět závisí vybraná hodnota na dodatečném zálohování bezpečnostní funkce. Kde je provozuschopnost bezpečnostní funkce větší než minimálně vyžadovaná LaP, ale menší než úplná, může existovat značné zálohování pro očekávané události. V takových případech by byl přiměřenější stupeň 0.

Příloha IV.

PŘÍKLADY INICIAČNÍCH UDÁLOSTÍ

IV.1. TLAKOVODNÍ REAKTORY (PWR A VVER)

IV.1.1. Očekávané

- Rychlé 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 parního generátoru 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.

IV.1.2. Možné

- Malá LOCA,
- Úplné prasknutí jedné trubky parního generátoru,
- 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.

IV.1.3. Nepravděpodobné

- Velká LOCA včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva,
- Vystřelení jednoho regulačního elementu,
- Prasknutí velkého potrubí v systému přeměny energie, včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí,
- Pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem.

IV.2. VARNÉ REAKTORY

IV.2.1. Očekávané

- Rychlé 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 chladiwa, 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 chladiwa reaktoru.

IV.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 chladiwa z reaktoru přes více pojišťovacích, či odlehčovacích ventilů.

IV.2.3. Nepravděpodobné

- Velká LOCA včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiwa,
- Pád jedné regulační tyče,
- Velké prasknutí hlavního parního potrubí.
- Pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem.

IV.3. TĚŽKOVODNÍ REAKTORY CANDU

IV.3.1. Očekávané

- Rychlé odstavení reaktoru,
- Neřízené ředění primárního chladiwa,
- Ztráta průtoku napájecí vody,
- Ztráta řízení tlaku reaktorového chladiwa (vysokého, či nízkého) způsobená neřízenou činností aktivní komponenty (tj. regulačního, odpouštěcího nebo pojistného ventilu),
- Netěsnost trubky parního generátoru 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 chladiwa,
- Ztráta napájecí vody v jednom, či více parních generátorech,
- Zablokování průtoku v jednotlivém kanálu (méně než 70 %),
- Ztráta chlazení moderátoru,
- Ztráta řídicího počítače,
- Neplánovaný místní vzrůst reaktivity.

IV.3.2. Možné

- Malá LOCA (včetně prasknutí tlakové trubky),
- Úplné prasknutí jedné trubky parního generátoru,
- Vyprazdňování chladiwa z reaktoru přes více pojišťovacích, či odlehčovacích ventilů,
- Poškození ozářeného paliva nebo ztráta chlazení zavážecího stroje, který obsahuje ozářené palivo,
- Netěsnost bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování,
- Prasknutí potrubí napájecí vody,
- Zablokování průtoku v jednotlivém kanálu (více než 70 %),
- Porucha moderátoru,
- Ztráta chlazení koncového stínění,
- Porucha chlazení při odstávce,
- Neplánovaný vzrůst reaktivity po průřezu,
- Ztráta technické vody (nízkotlaké, vysokotlaké technické vody nebo recirkulované chladicí vody),
- Ztráta vzduchu pro instrumentaci,
- Ztráta vnitřního elektrického napájení (třída IV, III, II nebo I).

IV.3.3. Nepravděpodobné

- Velká LOCA včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiwa,
- Velké prasknutí v systému přeměny energie včetně největšího předpokládaného potrubí.

IV.4. REAKTORY RBMK

IV.4.1. Očekávané

- Rychlé odstavení reaktoru,
- Selhání systému neutronového řízení výkonu,
- Ztráta/výpadek 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 chladiwa ve skupině palivových kanálů a v kanálech systému ochrany reaktoru,
- Snížení průtok směsi hélia v grafitových blocích reaktoru,
- Ztráta/výpadek 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.

IV.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 hélia 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).

IV.4.3. Nepravděpodobné

- Velká LOCA včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva,
- Prasknutí hlavního parovodu před oddělovacím ventilem hlavního parovodu, včetně prasknutí největšího předpokládaného 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.

IV.5. PLYNEM CHLAZENÉ REAKTORY

IV.5.1. Očekávané

- Rychlé 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.

IV.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).

IV.5.3. Nepravděpodobné

- Velká ztráta tlaku,
- Porucha parovodu,
- Porucha potrubí napájecí vody.

Příloha V.

KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ ZAHRNUJÍCÍCH PORUŠENÍ LIMITŮ A PODMÍNEK

Provozní „limity a podmínky“, popisují minimální provozuschopnost bezpečnostních tak, že zůstává v mezích bezpečnostních požadavků provozu jaderné elektrárny. Mohou rovněž zahrnovat na omezený čas provoz s redukovanou dostupností bezpečnostního systému. V některých zemích „Technické specifikace“ zahrnují LaP a navíc pro případ nedodržení LaP popisují opatření, která mají být přijata, včetně povolených časů pro obnovu a přiměřený návrat do původního stavu .

Jestliže je dostupnost systému v mezích LaP, ale zařízení setrvává déle než povolený čas (jak je definováno v technických specifikacích) v daném stavu dostupnosti, měla by být událost klasifikována stupněm 1, protože došlo k nedostatkům v bezpečnostní kultuře.

Jestliže je zjištěno, že dostupnost systému je menší, než je povoleno LaP, dokonce i na omezený čas, ale personál uvede zařízení do bezpečného stavu v souladu s technickými specifikacemi, měla by být událost klasifikována, jak je popsáno v části IV – 3.2, ale klasifikace by neměla být v důsledku porušení technických specifikací zvyšována. Do úvahy je třeba také vzít dobu, po níž je dostupnost bezpečnostní funkce nižší, než je definováno v LaP.

Navíc k formálním LaP zavádějí některé státy do technických specifikací další požadavky, jako jsou limity, které se vztahují k dlouhodobé bezpečnosti komponent. Pro události, kde jsou takové limity překročeny na krátkou dobu, může být přiměřenější klasifikace stupněm 0.

Pro reaktory v odstávce budou opět technické specifikace určovat požadavky na minimální dostupnost, ale nebudou obecně specifikovat časy na obnovu a návrat do původního stavu , jelikož nelze identifikovat bezpečnější stav. Požadavkem bude obnovit co nejdříve původní stav jaderné elektrárny. Obecně platí, že poruchy elektrárny, které redukuje dostupnost bezpečnostních systémů při odstávce, by měly být klasifikovány s využitím přístupu bezpečnostních zábrán a redukce dostupnosti pod požadavky technické specifikace by neměla být považována za porušení LaP.

Tento manuál byl připraven na základě zkušeností s používáním vydání manuálu z roku 1992 a na základě zkušeností z objasňování vznesených sporných otázek. Tato novelizace byla připravena pod záštitou Poradního výboru INES, za předsednictví pana S. Mortina, Magnox Generation Business Group, BNFL, Velká Británie.

Příloha VI.
SEZNAM ČLENSKÝCH ZEMÍ A ORGANIZACÍ

Argentina	Libanon
Arménie	Litevsko
Austrálie	Luxemburg
Bangladéš	Maďarsko
Belgie	Mexiko
Bělorusko	Nizozemsko
Brazílie	Norsko
Bulharsko	Pákistán
Česká republika	Peru
Čína	Polsko
Dánsko	Portugalsko
Demokratická republika Kongo	Rakousko
Egypt	Korejská republika
Federativní republika Jugoslávie	Rumunsko
Finsko	Ruská federace
Francie	Řecko
Guatemala	Saudská Arábie
Chile	Slovensko
Chorvatsko	Slovinsko
Indie	Spojené království Velké Británie a Severního Irska
Iránská islámská republika	Spojené státy americké
Irsko	Spolková republika Německo
Island	Syrská arabská republika
Itálie	Švédsko
Japonsko	Švýcarsko
Jižní Afrika	Turecko
Kanada	Ukrajina
Kazachstán	Vietnam
Kostarika	
Kuvajt	

Mezinárodní spojení:

Evropská Komise

Institut pro jadernou energii (NEI)

Světová asociace jaderných provozovatelů (WANO)