

**Státní úřad
pro jadernou bezpečnost**

jaderná bezpečnost

BEZPEČNOSTNÍ NÁVOD

*PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI PROVOZOVANÝCH
JADERNÝCH ELEKTRÁREN*

**SÚJB
duben 2001**

Do tiráže:

Jaderná bezpečnost duben 2001
PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI PROVOZOVANÝCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN

překlad: Safety Series No 50-SG-O12
PERIODIC SAFETY REVIEW OF OPERATIONAL NUCLEAR POWER PLANTS,
A Safety Guide, International Atomic Energy Agency, Vienna 1994

SAFETY SERIES NO.50-SG-O12

**PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI
PROVOZOVANÝCH JADERNÝCH
ELEKTRÁREN**

Bezpečnostní návod

MEZINÁRODNÍ AGENTURA PRO ATOMOVOU ENERGII

VÍDEŇ, 1994

ÚVODNÍ SLOVO GENERÁLNÍHO ŘEDITELE MAAE

Jaderná energie dosáhla vyspělého stádia a pokud se podaří zajistit její bezpečné využívání a veřejnost to tak bude vnímat, lze očekávat, že se stane nejvýznamnější součástí energetických programů mnoha zemí. I když došlo k jaderným haváriím, průmysl jaderné energetiky si po stránce bezpečnosti uchovává dobrou pověst. Přesto je stále možné a nutné ji zdokonalovat. Bezpečnost není neměnným pojmem.

Mezinárodní agentura pro atomovou energii si je vědoma významu bezpečnosti a ve snaze pomoci ke stále lepšímu povědomí o jaderné bezpečnosti rozvinula v r.1974 program, který má poskytnout členským zemím vodítko v mnoha aspektech bezpečnosti energetických jaderných reaktorů. V rámci tohoto programu - Norem jaderné bezpečnosti (NUSS – Nuclear Safety Standards) – bylo v rámci edice Safety Series IAEA vydáno v letech 1978 až 1986 asi 60 předpisů a bezpečnostních návodů, týkajících se radiační bezpečnosti. Program NUSS byl vyvíjen pro pozemská stacionární zařízení s reaktory na tepelných neutronech, určených pro výrobu energie, ale opatření mohou být vhodná pro jaderné aplikace v širším rozsahu.

Pro využití poznatků, získaných od doby prvního vydání publikace programu NUSS, bylo v roce 1986 rozhodnuto o revizi a reedici předpisů a bezpečnostních návodů. Jak v průběhu původního sestavování těchto publikací, tak při jejich revizi, bylo snahou zabezpečit, aby mohly svými poznatky přispět všechny členské země, zejména ty, jež mají aktivní programy rozvoje jaderné energetiky. Publikace byly podrobeny několika nezávislým oponenturám, včetně závěrečné, která byla provedena Poradní skupinou pro normy jaderné bezpečnosti (Nuclear Safety Standards Advisory Group – NUSSAG). Revidované předpisy byly v červnu 1988 schváleny Radou guvernérů. V průběhu revize byly do předpisů na základě mezinárodní dohody (konsensu) zahrnuty nové výsledky vývoje v oblasti techniky a metod analýzy. Doufáme, že revidované předpisy naleznou uplatnění a budou členskými zeměmi přijaty a respektovány jako základna pro řízení bezpečnosti jaderné energetických reaktorů v rámci národní zákonodárné činnosti a tvorby předpisů.

Od kterékoliv členské země, která si přeje uzavřít s MAAE dohodu o pomoci při umístování, projektování, výstavbě, uvádění do provozu, provozu, či vyřazování z provozu jaderné elektrárny, bude požadováno, aby se řídila těmi částmi předpisů a bezpečnostních návodů, které se týkají činností, na něž se má zamýšlená dohoda vztahovat. Konečná rozhodnutí a zákonná odpovědnost při jakémkoliv povolovacím řízení však samozřejmě zůstávají v rukou příslušné členské země.

Předpisy a bezpečnostní návody jsou předkládány v takové podobě, aby je členská země, pokud si tak přeje, mohla aplikovat na činnosti, které spadají přímo po její zákonnou pravomoc. Proto se ve shodě s obvyklou praxí a v souladu s doporučením Hlavní poradní skupiny (Senior Advisory Group – SAG) používají výrazy „musí být“ („je nutné“) a „mělo by být“ (je žádoucí“) k rozlišení mezi striktními požadavky a žádoucími způsoby řešení.

Pět vydaných předpisů se věnuje následujícím tematickým okruhům:

- Vládní organizace
- Umístění
- Projekt
- Provoz
- Zajištění jakosti.

V těchto pěti předpisech jsou stanoveny cíle a základní požadavky, které je nutno splnit pro zajištění dostatečné bezpečnosti provozu jaderných elektráren.

Vydávané předpisy by měli členskými zeměmi ukázat vhodné způsoby, kterými mohou být v praxi aplikovány jednotlivé části příslušných předpisů. Jiné metody a způsoby řešení, než jaké jsou uvedeny v těchto návodech, mohou být vhodné, pokud přinášejí alespoň rovnocennou záruku, že provoz jaderných elektráren nebude spojen s nepřiměřeným ohrožením zdraví a bezpečnosti obyvatelstva a personálu elektrárny. Předpisy a bezpečnostní návody vytvářejí základní rámec bezpečnosti, mohou však být, v souladu s národní praxí, doplněny podrobnějšími požadavky. Mimoto mohou vzniknout zvláštní okolnosti, které musí individuálně řešit příslušní odborníci „případ od případu“.

Tyto publikace jsou určeny pro potřebu dozorcích orgánů a dalších zúčastněných institucí v členských zemích. K dokonalému porozumění obsahu kterékoliv z nich je třeba přihlídnout i k dalším příslušným předpisům a bezpečnostním návodům této edice. V případě potřeby je možné získat informace i v dalších publikacích MAAE, věnovaných bezpečnosti.

Bezpečnostní ochrana štěpných a radioaktivních materiálů i jaderných elektráren jako celku je zmíněna na příslušných místech, ale není zde detailně zpracována. Explicitně nejsou rovněž uvažovány neradiační aspekty technické (průmyslové) bezpečnosti a ochrany životního prostředí.

Požadavkům a doporučením, uvedeným v publikacích NUSS, nemusí v plné míře vyhovovat starší elektrárny. Rozhodnutí o jejich aplikaci na takové elektrárny musí být děláno „případ od případu“ podle podmínek v příslušné zemi.

OBSAH

1. ÚVOD	10
HISTORIE	10
ÚČEL (Předmět)	10
ROZSAH	10
STRUKTURA	11
2. RACIONÁLNOST A ÚČEL PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI	11
RACIONÁLNOST PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI	11
ÚČEL PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI	12
3. STRATEGIE REVIZE	12
4. BEZPEČNOSTNÍ FAKTORY V PERIODICKÉM HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI	13
ÚVOD	13
SKUTEČNÉ FYZICKÉ PODMÍNKY JADERNÉ ELEKTRÁRNY	14
BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZY	15
KVALIFIKACE ZAŘÍZENÍ	15
ŘÍZENÉ STÁRNUTÍ	16
BEZPEČNÝ PROVOZ	17
UŽITÍ ZKUŠENOSTÍ Z JINÝCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN A POZNATKŮ VÝZKUMU	18
POSTUPY	18
ORGANIZACE A ADMINISTRATIVA	19
LIDSKÝ FAKTOR	19
HAVARIJNÍ PLÁNOVÁNÍ	20
DOPAD NA OKOLÍ	20
5. ÚLOHY A ODPOVĚDNOSTI	21
6. REVIZNÍ POSTUP	21
ÚVOD	21
KROK 1: HODNOCENÍ SOUČASNÉ BEZPEČNOSTI JADERNÉ ELEKTRÁRNY	26
KROK 2: VNITŘNÍ (INTERNÍ) REVIZE BEZPEČNOSTI	26
KROK 3: „HLOUBKOVÁ“ REVIZE BEZPEČNOSTI	27
7. ZÁSADY PŘIJATELNOSTI PRO POKRAČOVÁNÍ PROVOZU ELEKTRÁRNY	27
8. AKTIVITY PO REVIZI	28
DODATEK - ZÁKLADNÍ ČÁSTI REVIZE	30
REFERENCE	35

DEFINICE POJMŮ

Níže uvedené definice jsou určeny pro použití v programu NUSS a nemusí být nezbytně v souladu s definicemi, které byly přijaty jinde pro mezinárodní používání.

Souvislosti mezi následujícími základními definicemi pojmů, používanými v mnoha publikacích NUSS, jsou znázorněny na připojeném grafu.

Provozní stavy

Stavy vymezené normálním provozem nebo očekávanými provozními stavy.

Normální provoz

Provoz jaderné elektrárny dle stanovených limitů a podmínek včetně odstavení, provozu na výkonu, odstavování, spouštění, údržby, zkoušek (testování) a výměny paliva.

Očekávané provozní události¹

Všechny provozní procesy, které se odchylní od normálního provozu, jejichž výskyt lze předpokládat jednou nebo několikrát za dobu životnosti elektrárny a které, s ohledem na příslušná opatření v projektu, nezpůsobí žádné významné poškození objektů důležitých pro bezpečnost, ani nepovedou ke vzniku havarijních podmínek.

Havárie (havarijní stav)

Stav vymezený havarijními podmínkami nebo nadprojektovými haváriemi.

Havarijní podmínky

Odchylky² od provozních stavů, při nichž se výpusti radioaktivních látek udržují v přijatelných mezích vhodnými projektovými opatřeními. Tyto odchylky nezahrnují nadprojektové havárie.

Základní (maximální) projektové havárie

Havarijní podmínky, vůči kterým je jaderná elektrárna projektována podle stanovených projektových kritérií.

Nadprojektové havárie

Stavy jaderné elektrárny, které překračují výše uvedené havarijní podmínky, včetně stavů vedoucích k vážné degradaci aktivní zóny.

Řízení činnosti při havárii

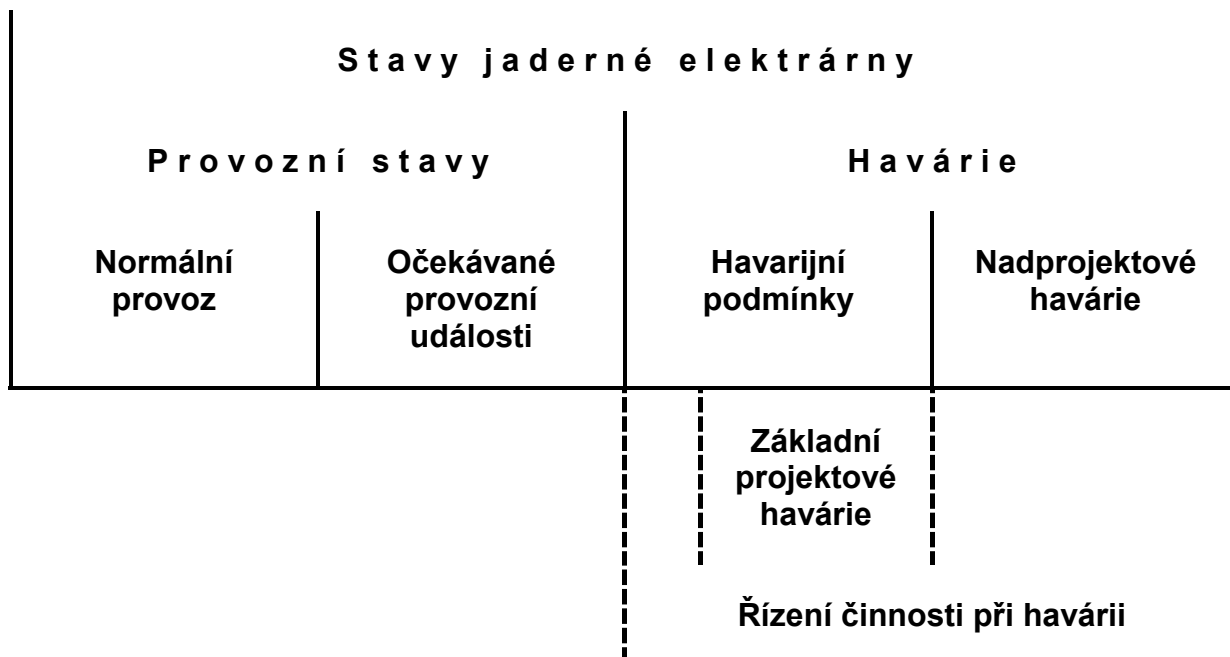
Řízení činnosti při havárii je soubor akcí uskutečňovaných

- v průběhu rozvoje havarijní sekvence ještě před tím, než dojde k překročení podmínek základní projektové havárie elektrárny, nebo
- během nadprojektových havárií bez degradace aktivní zóny, nebo
- poté co dojde k degradaci aktivní zóny,

aby se jaderná elektrárna vrátila do kontrolovatelného bezpečného stavu a byly zmírněny jakékoliv následky havárie.

¹ Jako příklady očekávaných provozních události lze uvést výpadek normální dodávky elektrické energie a poruchy, jako je výpadek turbíny, selhání jednotlivých objektů normálně pracující elektrárny, poruchy funkce jednotlivých částí ovládacího zařízení, ztráta elektrického napájení hlavního cirkulačního čerpadla.

² Odchylkou může být vážnější poškození paliva, havárie se ztrátou chladiva (LOCA), atd.



Vztahy mezi následujícími definicemi pojmů, které jsou používány zejména v oblasti projektování, jsou zobrazeny v následujícím grafu.

Bezpečnost

viz Jaderná bezpečnost.

Jaderná bezpečnost (nebo zjednodušeně bezpečnost)

Dosažení vhodných provozních podmínek, zabránění haváriím nebo zmírnění (omezení) následků havárie, sloužící k ochraně personálu, veřejnosti a okolí před radiačním ohrožením.

Bezpečnostní systémy³

Systémy důležité pro bezpečnost, které by měly zajistit bezpečné odstavení reaktoru nebo odvedení zbytkového tepla z aktivní zóny nebo omezení následků očekávaných provozních událostí nebo havarijních podmínek.

Ochranný systém

Systém který obsahuje všechny elektrické a mechanické přístroje a okruhy od čidel až po vstupy akčních členů, včetně generování signálů, spojených s ochrannou funkcí.

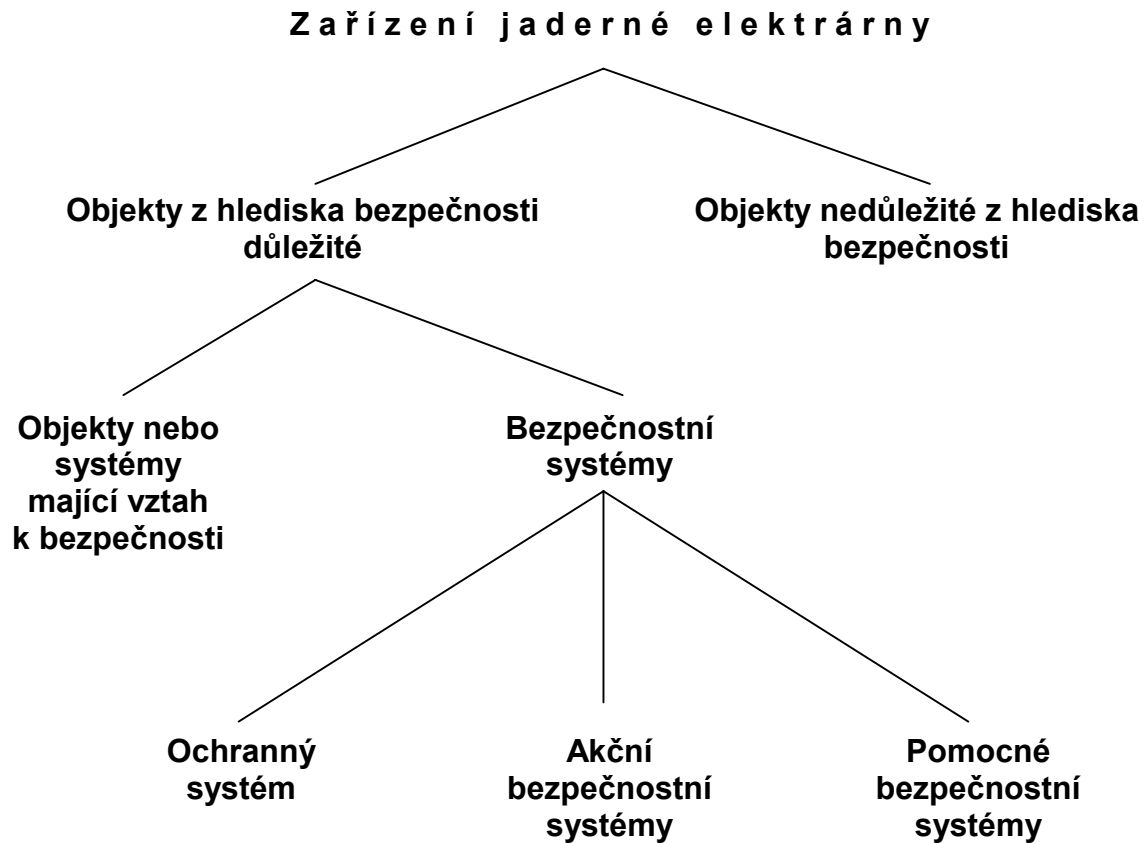
Akční bezpečnostní systém

Soubor zařízení ke splnění nezbytných bezpečnostních akcí po aktivování ochranným systémem.

³ Bezpečnostní systémy sestávají z ochranného systému, akčních bezpečnostních systémů a z prvků pomocných bezpečnostních systémů. Komponenty bezpečnostních systémů jsou určeny k tomu, aby plnily bezpečnostní funkce zcela samy, nebo aby plnily bezpečnostní funkce jen při některých provozních stavech jaderné elektrárny a dále, aby plnily funkce, které nejsou klasifikovány jako bezpečnostní, v ostatních provozních stavech (viz graf na konci kapitoly Definice pojmů).

Pomocné bezpečnostní systémy

Soubor opatření, sloužících např. k chlazení, mazání a energetickému napájení, požadovaných ochranným systémem a akčními bezpečnostními systémy.



Periodické revize bezpečnosti

Systematické přehodnocení bezpečnosti provozované jaderné elektrárny, které se provádí v pravidelných intervalech s cílem zajistit vyšší úroveň bezpečnosti elektrárny v průběhu její doby života, se zabývá souhrnnými účinky, vyvolanými stárnutím, modifikacemi, provozními zkušenostmi a technickým vývojem.

Stárnutí

Proces, při kterém se fyzikální charakteristiky systému, konstrukce nebo komponenty mění s časem nebo vlivem používání.

Poznámka k výkladu textu

Obsahuje-li publikace dodatek, je tento považován za integrální část tohoto dokumentu a musí mít stejné postavení jako hlavní text dokumentu. Přílohy, poznámky pod čarou a bibliografie však jsou zahrnutы pouze proto, aby poskytly dodatečné informace nebo praktické příklady, které mohou pomoci uživateli.

1. ÚVOD

HISTORIE

101. Tento bezpečnostní návod doplňuje bezpečnostní principy Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE – dále též pouze Agentury) IAEA Safety Fundamentals: „Safety of Nuclear Installations“ [1] a „Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Operation“ [2] a tvoří část programu Agentury, vztahového k programu NUSS, který zavádí (ustanovuje) „Předpisy a návody“ vztahující se k jaderným elektrárnám. Seznam publikací NUSS je uveden na konci této publikace.

102. Pravidelné revize provozu jaderné elektrárny (zahrnující modifikace hardwaru i postupů, významné události, provozní zkušenosti, způsobilost vedení (managementu) elektrárny a personálu) a specializované revize, následující po větších (hlavních) bezpečnostně významných událostech, jsou hlavními prostředky pro ověřování bezpečnosti. K tomu navíc některé členské státy MAAE iniciovaly systematické přehodnocení bezpečnosti, označované jako periodické revize bezpečnosti (Periodic Safety Review – PSR), které by se měly zabývat souhrnnými (kumulativními) efekty stárnutí elektrárny, modifikacemi, provozními zkušenostmi a technickým vývojem. Tyto revize směřují k zajištění vysoké úrovně bezpečnosti na základě stanovení provozního života elektrárny. Revize jsou doplňkem k pravidelným a speciálním revizím, ale nenahrazují je.

103. Tento návod byl koncipován na základě systematického revizního přístupu, který byl schválen konferencí MAAE („Conference on the Safety of Nuclear Power: Strategy for the Future“ – Konference o bezpečnosti jaderných elektráren: Strategie pro budoucnost).

ÚČEL (PŘEDMĚT)

Účelem tohoto bezpečnostního návodu je poskytnout návod na provedení PSR pro provozované jaderné elektrárny. Návod je směřován jak na vlastníka/provozovatele, tak na dozor.

ROZSAH

105. Tento bezpečnostní návod se zabývá PSR pro provozované jaderné elektrárny. PSR je obsáhlá (zevrubná) bezpečnostní revize, věnující se všem důležitým aspektům bezpečnosti, která je prováděna v pravidelných intervalech.

106. Revizní proces popsaný v tomto Bezpečnostním návodu je platný pro jaderné elektrárny jakéhokoliv věku, ale může mít širší aplikaci, například výzkumné reaktory a zařízení pro jaderné odpady. Kromě toho je třeba poznamenat, že popsaný proces může být užit i pro jiné revize, například speciální revize prováděné jako odezva na větší, bezpečnostně významné, události, jako byly havárie na Three Mile Island a v Černobylu.

STRUKTURA

107. Racionální vysvětlení PSR pro provozované jaderné elektrárny je dáno v kapitole 2, účel PSR je uveden v kapitole 3. Ve čtvrté kapitole jsou prezentovány strategické úvahy vážící se k použití (implementaci) PSR. Důležité aspekty bezpečnosti provozovaných jaderných elektráren, kterým se PSR věnuje, jsou definovány jako bezpečnostní faktory a jsou popsány v kapitole 5. Role a odpovědnosti vlastníka/provozovatele elektrárny, dozoru a externích konzultantů pro provedení PSR jsou definovány v kapitole 6. Postup revize je diskutován v kapitole 7. Kapitola 8 uvádí aspekty, které jsou zahrnuty v rozhodnutí o přijatelnosti dalšího provozu elektrárny. V kapitole 9 jsou uvedeny aktivity v období po revizi. Připojený Dodatek rozšiřuje popis bezpečnostních faktorů, daných v kapitole 5, uvedením seznamu specifických námětů a aktivit pro každý bezpečnostní faktor, které by měly být zahrnuty v revizi.

2. RACIONÁLNOST A ÚČEL PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI

RACIONÁLNOST PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI

201. Od doby, kdy byla uvedena do provozu první generace komerčních jaderných elektráren v padesátých letech, došlo k podstatnému rozvoji bezpečnostních standardů (norem) a postupů, který byl výsledkem nových vědeckých a technických znalostí, lepších analytických metod a poučení (lessons learned) z provozních zkušeností. Tento vývoj však neznámá, že existující provozované elektrárny jsou nebezpečné; celkový záznam o bezpečnosti byl a je dobrý

202. Provozované jaderné elektrárny v mnoha zemích byly podrobeny rutinním i speciálním bezpečnostním revizím. Zkušenost ukázala, že tyto bezpečnostní revize nejsou obecně všezahrnující (dostatečně obsažné) a neberou vždy v úvahu zlepšení bezpečnostních norem a provozních postupů, kumulativní efekty stárnutí elektrárny, modifikace, zpětnou vazbu provozních zkušeností a vývoj vědy a technologie.

203. Periodická revize bezpečnosti (PSR) je považována za nejlepší cestu, jak získat celkový pohled na skutečnou bezpečnost elektrárny, určit nezbytné nebo žádoucí změny, které by měly být udělány, abychom udrželi vysokou úroveň bezpečnosti a zlepšili bezpečnost starších jaderných elektráren na úroveň srovnatelnou s moderními jadernými elektrárnami.

204. Na základě zkušenosti by měla být první periodická revize bezpečnosti (PSR) provedena zhruba deset let po uvedení do provozu a následné revize pak každých deset let až do konce provozu. V průběhu deseti let existuje je pravděpodobné, že dojde k významným změnám bezpečnostních norem, technologie a podpůrných vědeckých znalostí a analytických postupů, potřebě hodnocení kumulativních efektů modifikací a stárnutí elektrárny; a možnosti významných změn v obsazení dozorné organizace a stejně tak organizace vlastníka/provozovatele.

205. Jestliže doba mezi periodickými revizemi bezpečnosti (PSR) výrazněji přesahuje deset let dochází k tomu, že podstatný počet zkušených pracovníků, jak v organizaci vlastníka/provozovatele, tak organizaci dozoru, může tyto organizace již opustit, takže přímé znalosti a zkušenosti, získané při předchozích revizích, a taktéž kontinuita jsou ztraceny. V takových případech je pak zvláště hodnotné mít dobrou dokumentaci revizního procesu a zkušeností.

206. Je známo, že některé členské státy MAAE preferují alternativní uspořádání periodické revize bezpečnosti. Jedním z příkladů je systematický program hodnocení bezpečnosti, zabývající se specifickými bezpečnostními otázkami (spornými body), významnými událostmi a změnami bezpečnostních norem a postupů hned jak se objeví. Tento bezpečnostní návod není určen k tomu, aby odrazoval od takovýchto alternativních opatření. Každá alternativa by však měla demonstrovat, že může uspokojit účel periodické revize bezpečnosti definovaný v par.207.

ÚČEL PERIODICKÉ REVIZE BEZPEČNOSTI

207. Účelem periodické revize bezpečnosti (PSR) je určit pomocí zevrubného hodnocení provozované jaderné elektrárny zdali je elektrárna bezpečná tak, jak stanovují současné bezpečnostní normy a postupy a zdali se užívají adekvátní (náležitá, postačující) opatření k udržení bezpečnosti elektrárny. Toto rozhodnutí (posouzení) ve smyslu běžných bezpečnostních požadavků neznamená, že všechny tyto požadavky musí být dosaženy (viz par.701).

3. STRATEGIE REVIZE

301. Rozsah periodické revize bezpečnosti zahrnuje všechny aspekty jaderné bezpečnosti, týkající se jaderných elektráren. Pro tento účel pod pojmem elektrárna rozumíme všechny budovy a zařízení na ploše pokryté provozním povolením (zahrnuje např. zařízení k nakládání s odpady) a jejich provoz, společně s pracovníky a jejich organizací. Revize též zahrnuje radiační ochranu, havarijní plánování a dopad na okolí.

302. Zevrubné ocenění celkové bezpečnosti elektrárny je komplexní úkol. Zkušenost ukazuje, že může být usnadněn rozdělením do několika základních částí. Tyto jsou v této publikaci označeny jako bezpečnostní faktory.

303. Každý bezpečnostní faktor je revidován užitím běžných metod a nálezy jsou srovnávány s běžnými bezpečnostními normami a postupy. Nezbytné a žádoucí nápravné akce jsou určeny a implementovány po uvážení interakcí a překrytí mezi bezpečnostními faktory a odtud efektu nápravných akcí na všechny bezpečnostní faktory.

304. Celkové hodnocení bezpečnosti jaderné elektrárny je provedeno tak, aby uvážilo všechny bezpečnostní faktory a jakéhokoliv nedostatky, které mohou zůstat nerozřešeny po implementaci všech nápravných akcí.

305. Periodické hodnocení bezpečnosti by mělo být typicky prováděno každých deset let a jeho plánované trvání by mělo být 18 měsíců.

306. Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti (Probabilistic Safety Assessment - PSA) poskytuje užitečný pohled na bezpečnost jaderné elektrárny a je následně i užitečným příspěvkem k periodické revizi bezpečnosti (PSR). I když může být PSR prováděno bez PSA, doporučuje se, aby bylo PSA provedeno pro každou elektrárnu a využito v následných PSR.

307. Hlavní odpovědnost za provedení periodické revize bezpečnosti (PSR) má vlastník/provozovatel na základě požadavků dozorného orgánu. Tyto požadavky by měly být buď specifikovány dozorným orgánem po konzultaci s vlastníkem/provozovatelem, nebo by měly být vyvinuty vlastníkem/operátorem a následně schváleny dozorným orgánem.

308. K minimalizaci duplicitního úsilí by měly být v periodické revizi bezpečnosti (PSR) užity výsledky souvisejících (relevantních) studií a pravidelných (rutinních) i speciálních revizí bezpečnosti.

4. BEZPEČNOSTNÍ FAKTORY V PERIODICKÉM HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI

ÚVOD

401. Bezpečnostní faktory periodické revize bezpečnosti (PSR) byly vybrány na základě zkušeností členských států MAAE a zpětné vazby z konference MAAE o bezpečnosti jaderné energie: Strategie pro budoucnost (IAEA Conference on the Safety of Nuclear Power: Strategy for Future). Tyto faktory jsou:

- (1) Skutečné fyzikální podmínky jaderné elektrárny
- (2) Bezpečnostní analýzy
- (3) Kvalifikace zařízení
- (4) Řízené stárnutí
- (5) Bezpečný provoz
- (6) Užití zkušeností z jiných jaderných elektráren a poznatků výzkumu
- (7) Postupy
- (8) Organizace a administrativa
- (9) Lidské faktory
- (10) Havarijní plánování
- (11) Dopad na okolí.

402. Jedenáct vybraných bezpečnostních faktorů periodické revize bezpečnosti (PSR) se aplikuje na všechna zařízení na ploše elektrárny včetně těch, které souvisí s radioaktivními odpady a jsou považovány za dostatečné pro zevrubnou revizi bezpečnosti. Soubor bezpečnostních faktorů se však může měnit podle specifických potřeb určité země a zvláštní jaderné elektrárny a měl by být odsouhlasen před zahájením periodické revize bezpečnosti (PSR).

403. Zajištění jakosti (Quality Assurance – QA) není uvažováno jako samostatný bezpečnostní faktor, protože by mělo být integrální součástí každé aktivity ovlivňující bezpečnost. Oceněno je separátně, dle svých vlastních pravidel, jako aspekt organizace a administrativa. Podobně na radiační ochranu není pohlíženo jako na separátní bezpečnostní faktor, protože je vázán na většinu ostatních faktorů. Uspořádání radiační ochrany a jeho efektivnost by mělo být revidováno jako specifické aspekty bezpečnostních faktorů provozu, postupů a skutečných fyzických podmínek jaderné elektrárny.

404. Revize ostrahy (fyzická ochrana) jaderných elektráren není zahrnuta v PSR, protože se jedná o velmi citlivý problém důvěrného charakteru. Uspořádání ostrahy by mělo bránit neautorizovaným akcím, které by mohly ohrozit bezpečnost a jeho efektivnost by měla být periodicky evidována v souladu s národními požadavky.

405. Všechny bezpečnostní faktory jsou důležité pro provozní bezpečnost a ve větší či menší míře pro prevenci a omezení havárie. Pořadí faktorů v této kapitole však neoznačuje jejich pořadí dle důležitosti.

406. I když by měla periodická revize bezpečnosti demonstrovat soulad s běžnými bezpečnostními normami a postupy, pro každý bezpečnostní faktor je úroveň bezpečnosti elektrárny určena spojenými vlivy všech bezpečnostních faktorů. Nedostatky mohou být v individuálních případech přijatelné, ale přijatelnost jejich spojeného vlivu by též měla být revidována. Je také možné, že „slabé místo“ jednoho faktoru může být eliminováno „silným místem“ druhého faktoru. Může být například přijatelné dočasné využití „síly lidského faktoru“, jakou je vysoce způsobilý provozní personál, pro omezení slabých míst projektu a zařízení (jakým je nedostatečná automatická ochrana proti postulovaným chybám reaktoru, které se jsou pomalé a mají velmi malou pravděpodobnost) až do doby, kdy jsou implementovány příslušné změny projektu a zařízení.

407. Revize by měla určit stav každého faktoru v čase periodické revize bezpečnosti a také zda stanovený provozní režim je schopen určit potenciální poruchy, bránit těmto poruchám nebo omezit tyto poruchy před tím, nežli by mohly zapříčinit radiační nehodu. Měly by být též nalezeny možný rozsah stárnutí, svázaného s mechanizmy degradace, který by mohl vést k poruchám klíčových konstrukcí jaderné elektrárny, systémů a komponent a potenciální limitní doba života elektrárny.

408. Velikost úsilí, požadovaného při revizi faktoru, je závislá na dostupnosti a obnovení relevantních (souvisících) informací.

409. Jedenáct bezpečnostních faktorů periodické revize bezpečnosti (PSR) je definováno a vysvětleno v následujících podkapitolách. Je uveden účel revize každého faktoru, jeho popis, žádaný stav a ty aspekty faktoru, které by měly být revidovány. V dodatku je rozpracován popis faktorů s návrhem dalších prvků, které by měly být zahrnuty do revize.

SKUTEČNÉ FYZICKÉ PODMÍNKY JADERNÉ ELEKTRÁRNY

Účel

410. Účelem revize je určit skutečné fyzické podmínky dané jaderné elektrárny.

Popis

411. Jestliže má být provedena periodická revize bezpečnosti (PSR) pak znalost skutečných fyzikálních podmínek konstrukcí (staveb), systémů a komponent jaderné elektrárny má primární důležitost (termín jaderná elektrárna v tom smyslu zahrnuje všechna zařízení a vybavení, která jsou v místě elektrárny, jak je uvedeno v par.301). Tato znalost by měla být, pokud možno, určena při počáteční fázi periodické revize bezpečnosti a měla by být průběžně udržována. Toto má zvláštní důležitost pro elektrárny, kde během jejich doby života došlo k mnoha modifikacím a tam, kde nebylo uspokojivé uchovávání záznamů. Tam, kde data chybí, je obecně nezbytné je vytvořit nebo odvodit, což může vyžadovat speciální testy nebo inspekce. Měla by být kontrolována platnost existujících záznamů, aby bylo zajištěno, že reprezentují přesně stav elektrárny. V některých částech elektrárny není možné skutečné fyzikální podmínky určit, například vzhledem k projektu elektrárny nebo provozním podmínkám, které brání nezbytné inspekci. Takové oblasti by měly být zvýrazněny a měla by být uvažována jejich významnost.

BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZY

Účel

412. Účelem revize je určit, zda rozsah existujících bezpečnostních analýz zůstává platný, když bereme v úvahu aktuální stav elektrárny, její stav vzhledem k predikovanému konci života elektrárny a současný stav analytických metod, bezpečnostních norem a znalostí.

Popis

413. Pro každou jadernou elektrárnu by měly existovat bezpečnostní analýzy potvrzující projekt pro položky důležité pro bezpečnost a popisující chování elektrárny pro postulované iniciační události [4]. Současný stav těchto bezpečnostních analýz by měl být revidován z hlediska jejich rozsahu, metod a předpokladů. Revize by měla obnovit současné bezpečnostní analýzy v rozsahu nezbytném pro zajištění toho, aby byly založeny na skutečném projektu elektrárny, odrážely současný i predikovaný stav systémů, konstrukcí a komponent na konci života, a uvažovaly všechny postulované iniciační události, které jsou příslušné pro projekt a umístění elektrárny. Určení skutečného projektu bude vyžadovat revizi všech modifikací elektrárny. Měly by být užity současné analytické metody, zejména s ohledem na výpočtové programy pro analýzu přechodových procesů.

414. V projektech dřívějších jaderných elektráren byly často neadekvátně uvažovány potenciální příčné vazby („cross-links“) a vliv událostí se společnou příčinou („common cause events“). Tato skutečnost může vyžadovat systematickou revizi. I když pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti (PSA) není zásadní, může být nápomocno při identifikování poruch způsobených příčnou vazbou a při potvrzení toho, že neexistují významné nedostatky v projektu elektrárny.

415. Revize bezpečnostních analýz by měla určit, zdali skutečný projekt elektrárny je schopen dodržet limity předepsané dozorem pro radiační dávky a úniky, které by byly výsledkem postulovaných havárií. Měly by být nalezeny nebo potvrzeny hlavní nedostatky projektu elektrárny. Pokud se koncepce bezpečnosti projektu elektrárny liší od běžné praxe, je důležité, aby byly rozpoznány jakékoliv výhody vlastní této koncepci.

KVALIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Účel

416. Účelem revize je určit, zdali zařízení důležité pro bezpečnost je kvalifikováno pro provedení svých stanovených bezpečnostních funkcí během doby svého života (tj. kdy je instalováno).

Popis

417. Zařízení jaderné elektrárny důležité pro bezpečnost by mělo být náležitě kvalifikováno pro zajištění jeho schopnosti provést bezpečnostní funkce za postulovaných provozních podmínek, se zahrnutím těch, které mohou vzniknout při přírodních událostech a haváriích (např. havárie se ztrátou chladiva, prasknutí vysoko-energetických potrubí a podmínky se seismickými nebo jinými vibracemi) [4-6]. Požadavky na kvalifikaci zařízení by měly být předepsány příslušnými předpisy a návody dozoru a průmyslovými normami.

418. Kvalifikace zařízení jaderné elektrárny, důležitého pro bezpečnost, by měla být dosažena tím, že proběhne proces, který zahrnuje vybrání (generování), dokumentování a udržování evidence o tom, že zařízení může provádět své bezpečnostní funkce během své (instalované) doby života. Toto by měl být průběžný proces, od projektu elektrárny až po konec provozního života a měl by brát v úvahu stárnutí elektrárny, modifikace, opravy a renovaci, poruchy zařízení a jeho výměnu a abnormální provozní podmínky. I když je v procesu kvalifikace zařízení zahrnuto mnoho stran (projektanti, elektrárna, výrobci zařízení, konzultanti atd.), konečnou zodpovědnost za vývoj a implementaci programu kvalifikace zařízení, specifického pro elektrárnu, má žadatel o povolení (licenci). Tato zahrnuje vytvoření a udržování dokumentace demonstrující kvalifikaci.

419. Revize kvalifikace zařízení by měla určit za (a) zdali bylo na počátku připraveno zajištění požadované schopnosti provozu zařízení a za (b) zdali provoz zařízení byl průběžně chráněn (zabezpečen) tím, že byla aplikována opatření, jako jsou preventivní údržba, testování a kalibrace. Je třeba poznamenat, že revize vztahující se k (a) nemusí být nezbytná, jestliže předchozí revize došla k názoru, že byla stanovena adekvátní počáteční kvalifikace zařízení; a revize vztahující se k (b) by měla poskytnout zajištění toho, že kvalifikace zařízení bude uspokojivě zabezpečována v budoucnu.

ŘÍZENÉ STÁRNUTÍ

Účel

420. Účelem revize je určit, zdali stárnutí v jaderné elektrárně je efektivně řízeno tak, aby byly udrženy požadované bezpečnostní rezervy („margins“) a zdali existuje, a je používán, postačující program řízeného stárnutí pro budoucí provoz elektrárny.

Popis

421. Všechny konstrukce, systémy a komponenty (structures, systems and components – SSC) jaderných elektráren se podřizují některým formám fyzikálních změn způsobených stárnutím, které případně mohou poškodit jejich bezpečnostní funkci. Rychlosti těchto změn se značně mění. Je proto důležité porozumět a kontrolovat (řídit) stárnutí všech materiálů (se zahrnutím spotřebních materiálů, jako jsou mazadla) a SSC, které by mohlo poškodit jejich bezpečnostní funkce. Zatímco první bezpečnostní faktor stanovuje skutečné fyzikální podmínky SSC v době periodické revize bezpečnosti, tento faktor se primárně týká podmínek SSC v budoucnosti.

422. Řízené stárnutí SSC, důležitých pro bezpečnost, znamená předpověď a/nebo detekování toho, kdy jsou komponenty elektrárny degradovány tak dalece, že požadované rezervy jsou ohroženy a užívají se nápravné nebo omezující akce. Jaderná elektrárna by měla mít stanoven systematický a efektivní program řízeného stárnutí, skládající se ze všech relevantních aktivit, jako je dozor, údržba, chemická kontrola, a zpětná vazba z provozních zkušeností, aby zajistila, že požadované bezpečnostní rezervy SSC, důležitých pro bezpečnost, jsou v průběhu provozního života elektrárny dodrženy. Vlastník/provozovatel by měl provádět průběžné hodnocení efektivnosti programu řízeného stárnutí a zpětnovazebního mechanismu pro jeho zlepšení. Související návody o řízeném stárnutí elektrárny jsou dány v ref. [7, 8].

423. Revize řízeného stárnutí by měla určit, zdali je k dispozici systematický a efektivní program a zdali existuje přiměřené uspořádání k udržení požadovaných bezpečnostních rezerv

během budoucího provozu elektrárny. Měly by být ohodnoceny jak programové aspekty (např. programová politika, postupy, provozní indikátory, personál, pomůcky a prostředky, udržování záznamů atd.), tak technické aspekty (např. metodiky řízení stárnutí, rozsah porozumění příslušným jevům stárnutí, specifická kritéria přijatelnosti SSC, detekce stárnutí a omezující metody a skutečné fyzické podmínky SSC) řízení stárnutí.

BEZPEČNÝ PROVOZ

Účel

424. Účelem revize je určit provozní bezpečnost jaderné elektrárny a její trendy ze záznamů o zkušenostech z provozu.

Popis

425. Bezpečnost provozu je obvykle určena z ocenění provozních zkušeností, se zahrnutím nehod týkajících se bezpečnosti, a ze záznamů o nepohotovosti bezpečnostních systémů, o radiačních dávkách, a o vytvořených radioaktivních odpadech a radioaktivních únicích. Vlastník/provozovatel by měl mít systém, který zaznamenává všechny nehody a oceňuje jejich bezpečnostní významnost. K tomu by měly být pravidelně hodnoceny záznamy o provozu, údržbě, testování, inspekcích, výměnách a modifikacích, aby mohly být nalezeny jakékoliv nebezpečné situace nebo trendy. Výsledky těchto hodnocení by měly být vhodně sumarizovány, aby daly celkové ocenění bezpečnosti provozu během každého roku provozu elektrárny. Pro tento účel by mohly být využity indikátory bezpečnosti provozu, které byly vyvinuty některými členskými státy MAAE a organizací WANO. Využity by měly být indikátory jak poruch, tak úspěchů. Periodická revize bezpečnosti (PSR) by měla revidovat všechny indikátory, vztahující se k bezpečnému provozu, a podrobit je analýze k nalezení trendů pro zvýraznění potenciálních bezpečnostních problémů. Návod jak ověřit splnění specifických požadavků na bezpečný provoz elektrárny jsou uvedeny v referencích [2, 9, 10].

426. Důležitými elementy bezpečného provozu elektrárny jsou také radiační riziko, vyplývající z normálního provozu jaderné elektrárny, a očekávané provozní události. Indikaci rizika, kladeného na personál elektrárny, poskytují indikátory spojené s daty o radiačních dávkách a indikaci dopadu na okolí poskytují data o radioaktivních únicích. Záznamy o radiačních dávkách a radioaktivních únicích by měly být revidovány k určení toho, zda jsou v předepsaných limitech, tak nízké jak je rozumně dosažitelné (as low as reasonable achievable – ALARA), a přiměřeně řízeny. K tomu by měla proběhnout revize vytvořených radioaktivních odpadů, neboť tyto přispívají k radiačnímu riziku. Návod na program radiační ochrany poskytuje Předpis MAAE [2] a připojené Bezpečnostní návody [11-13], které zahrnují stanovení předepsaných limitů a řízení radioaktivních odpadů a úniků, které vznikají při provozu jaderné elektrárny.

UŽITÍ ZKUŠENOSTÍ Z JINÝCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN A POZNATKŮ VÝZKUMU

Účel

427. Účelem revize je určit, zdali existuje dostatečná zpětná vazba na bezpečnostní zkušenosti z jiných jaderných elektráren a výsledků výzkumu.

Popis

428. Zkušenosti z jiných jaderných elektráren, a občas i nejaderných zařízení, společně s výsledky výzkumu mohou objevit neznámé bezpečnostní nedostatky nebo pomoci při řešení existujících problémů. Pro rozšiřování provozních zkušeností z jaderných elektráren byly vytvořeny systémy řízené MAAE, NEA při OECD (Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development), WANO (World Association of Nuclear Operators), INPO (Institute of Nuclear Power Operations) a různých skupin vlastníků elektráren. Existují též, již méně dobře založené, systémy pro rozšiřování výzkumných poznatků (částečně vzhledem ke komerčním úvahám) a potřeba využít poznatky výzkumu ve spojení s provozními zkušenostmi. Vlastník/provozovatel by měl mít taková opatření, aby získávání a ocenění informací o zpětné vazbě bylo součástí normálních aktivit. Periodická revize bezpečnosti (PSR) by měla revidovat dostatečnost těchto opatření a včasnou implementaci poznatků z ocenění. Pro podniky s více jadernými elektrárnami může být lepší, aby měly generická ocenění, která jsou aplikovatelná na několik elektráren, než provádět specifické revize tohoto faktoru v periodické revizi bezpečnosti (PSR) pro každou elektrárnu. Pro tento bezpečnostní faktor by pak periodická revize bezpečnosti (PSR) měla být omezena na revizi implementace místních specifických požadavků z celkové generické revize.

POSTUPY

Účel

429. Účelem revize je určit, zda postupy jaderné elektrárny pro provoz, údržbu, inspekce, testování a modifikace jsou dostatečné vzhledem k normám.

Popis

430. Postupy by měly být obsažné, validované (ověřené) a formálně schválené. Měly by dále být nedvojznačné a vztažené ke skutečné elektrárně, tak jak je to prakticky dosažitelné odrážet běžnou praxí, a snadno dostupné lidem, kterých se to týká. Podrobeny by měly být příslušným kontrolám změn. Provozní postupy by měly být v souladu s bezpečnostními analýzami. Revize tohoto faktoru by měla pokrývat:

- (a) Provozní postupy pro normální a abnormální podmínky (se zahrnutím havarijních a pohavarijních podmínek);
- (b) Postupy údržby, testů a inspekcí;
- (c) Postupy k povolení práce

- (d) Kontrolní postupy (procedury) pro modifikace projektu elektrárny, pro jiné postupy a pro zařízení (hardware);
- (e) Postupy pro radiační ochranu.

Detailní rady jsou dány v předpisu MAAE [2] a v Bezpečnostních návodech, které ho podporují [9 – 15].

ORGANIZACE A ADMINISTRATIVA

Účel

431. Účelem revize je určit, zdali jsou organizace a administrativa dostatečné pro bezpečný provoz jaderné elektrárny.

Popis

432. Při provádění periodické revize bezpečnosti (PSR) by měl být prozkoumán i dopad organizace a administrativy na bezpečnost jaderné elektrárny. Společně by měl být prozkoumán i lidský faktor, který hraje významnou roli v kultuře bezpečnosti (rady o kultuře bezpečnosti se zahrnutím indikátorů, které by měly být přezkoušeny v průběhu periodické revize bezpečnosti (PSR) při revizi organizace, administrativy a lidského faktoru, jsou dány v referenci [16]). Revize by měla zkoumat organizaci a administraci tak, aby zajistila, že vyhovují přijatým „dobrým předpisům“ (či přijaté praxi) a nereprezentují nepřijatelný příspěvek k riziku. Aspekty by měly zahrnovat: řízení (management), kontrolu uspořádání, technickou kontrolu a kontrakty, výcvik, zajištění jakosti, záznamy a dodržení požadavků dozoru nebo jiných zákonných požadavků. Protože se některé z těchto aspektů zabývají zvyklostmi, ve kterých si provozní organizace provádí své vlastní záležitosti, může být provedení objektivní revize pro takovou organizaci obtížné a může nastat potřeba provést tuto revizi s pomocí externích specialistů.

LIDSKÝ FAKTOR

Účel

432. Účelem revize je určit stav lidského faktoru, který může ovlivnit bezpečný provoz jaderné elektrárny.

Popis

434. Lidský faktor ovlivňuje všechny aspekty bezpečnosti provozované jaderné elektrárny. Je významným prvkem kultury bezpečnosti dané elektrárny. Revize by měly přezkoušet stav lidského faktoru, aby určily, jestli dodržuje přijaté „dobré předpisy“ (praxi) a nereprezentuje nepřijatelný příspěvek k riziku. Revize by měla mít široký rozsah a zahrnovat personál, výběr a výcvik, otázky týkající se personálu, styl postupů (procedur) a vztah člověk-stroj. Revize by měla být prováděna s asistencí příslušných kvalifikovaných specialistů. Vzhledem k obtížnostem spojeným s prováděním objektivní revize toho, co je podstatné ve vlastním lidském chování, může organizace provozovatele rozhodnout, že specifické části mohou být

proveden externími konzultanty nebo experty z jaderného dozoru. Tento případ se zvláště uplatňuje, když jsou jaderné elektrárny provozovány relativně malými organizacemi.

HAVARIJNÍ PLÁNOVÁNÍ

Účel

435. Účelem revize je určit, zda vlastník/provozovatel má dostatečné plány, personál, budovy a zařízení, která by se zabývala nebezpečím a zdali opatření, které má vlastník/provozovatel, jsou dostatečně koordinována s místními a národními opatřeními a zda jsou tato opatření pravidelně procvičována.

Popis

436. Projekt a provoz jaderné elektrárny by měl bránit uvolnění radioaktivních látek, které by mohly ovlivnit zdraví pracovníků nebo veřejnosti. Havarijní plánování pro možnost takových uvolnění je opatrně vedená, avšak nezbytná akce nejen pro vlastníka/provozovatele, ale také pro místní a národní úřady. Periodická revize bezpečnosti (PSR) by měla zahrnovat celkovou revizi, která kontroluje, že havarijní plánování v elektrárně probíhá uspokojivě. Havarijní plány by měly být udržovány v souladu s běžnými bezpečnostními analýzami, studii o omezení havárií a „dobrými předpisy“ (praxí). Havarijní cvičení by měla demonstrovat a identifikovat možné nedostatky v kompetenci pracovníků na elektrárně i mimo elektrárnu, požadované funkční schopnosti zařízení (včetně zařízení určeného ke komunikaci) a dostatečnost plánování. Periodické revize bezpečnosti (PSR) by měly kontrolovat, že byl vzaty v úvahu významné změny na pozemku jaderné elektrárny a jejich využití, změny v elektrárně, v údržbě a v uložení havarijních zařízení a dále průmyslový, komerční a bytový vývoj v okolí místa elektrárny. Návody jsou dány v publikacích MAAE Safety Series No. 50-SG-06 [17] a No. 73 [18] a další informace mohou být nalezeny v referencích [19, 20].

DOPAD NA OKOLÍ

Účel

437. Účelem revize je určit, zda vlastník/provozovatel má dostatečný program pro dohled na vliv jaderné elektrárny na okolí.

Popis

438. Vlastník/provozovatel by měl stanovit efektivní program dohledu, který poskytuje radiologická data o okolí místa jaderné elektrárny. Příkladem takových dat jsou koncentrace radionuklidů ve vzduchu, ve vodě (v řece, v moři, v zemi), v půdě, v zemědělských produktech a ve zvířectvu. Tato data by měla být srovnána s hodnotami měřenými před tím, než byla jaderná elektrárna uvedena do provozu. U událostí s významnými odchylkami musí být dáno vysvětlení, které bere v úvahu příslušné faktory z vnějšku jaderné elektrárny. Periodická revize bezpečnosti (PSR) by měla přezkoušet zda tento program je vhodný a dostatečně obsažný pro to, aby kontroloval všechny relevantní okolní aspekty. Radiologický

dopad elektrárny na okolí by neměl být významný ve srovnání s přírodně se vyskytujícími zdroji radiace.

5. ÚLOHY A ODPOVĚDNOSTI

501. Základní odpovědnost za provedení periodické revize bezpečnosti (PSR) a zaznamenání jejích poznatků spočívá na vlastníku/provozovateli elektrárny. Vlastník/provozovatel by měl předat všechny významné poznatky z revize jadernému dozoru co nejdříve po jejich získání. V případě, že existují významné neshody s odsouhlaseným plánem (rozvrhem), měl by vlastník/provozovatel připravit k závěrečné zprávě o periodické revizi bezpečnosti (PSR) též vnitřní zprávu o postupu řešení (progress report).

502. Dozor má zodpovědnost za specifikování požadavků na periodickou revizi bezpečnosti (PSR), za revizi provedení a závěrů revize a následných nápravných akcí a za to, že učiní příslušné licenční akce. Je také zodpovědný za to, že předá své poznatky národní vládě a obecné veřejnosti.

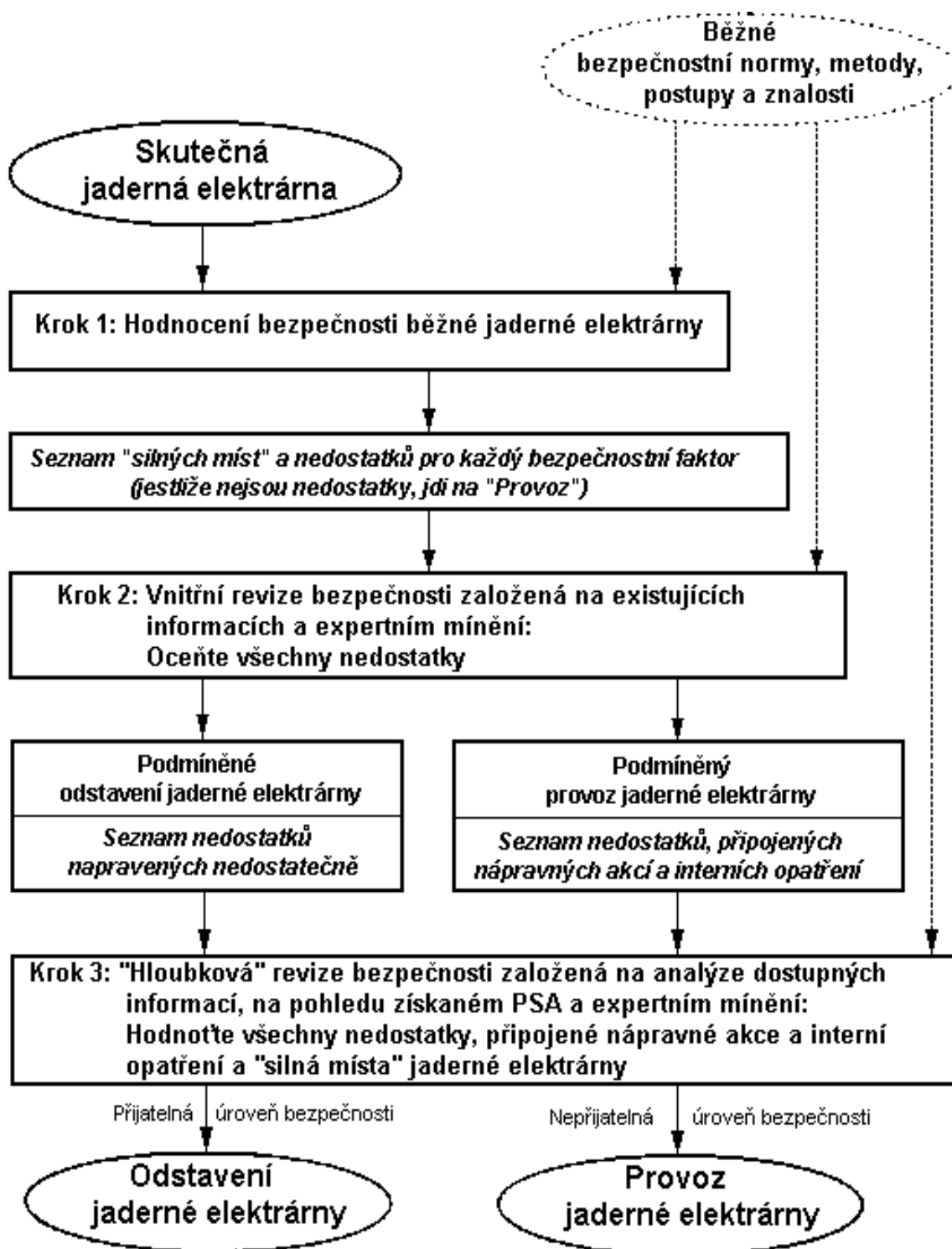
503. Za jistých podmínek, např. nemá-li vlastník/provozovatel nebo dozor k dispozici dostatečné prostředky nebo při chybějící expertize, může být požadována vnější asistence pro provedení nebo revidování periodické revize bezpečnosti (PSR).

504. Jisté části periodické revize bezpečnosti (PSR) mohou být prováděny pouze externími konzultanty. Možným příkladem tohoto je revize vedení (managementu) provozovatele. Taková revize může být prováděna objektivním způsobem pouze skupinou, která je nezávislá na samotné organizaci.

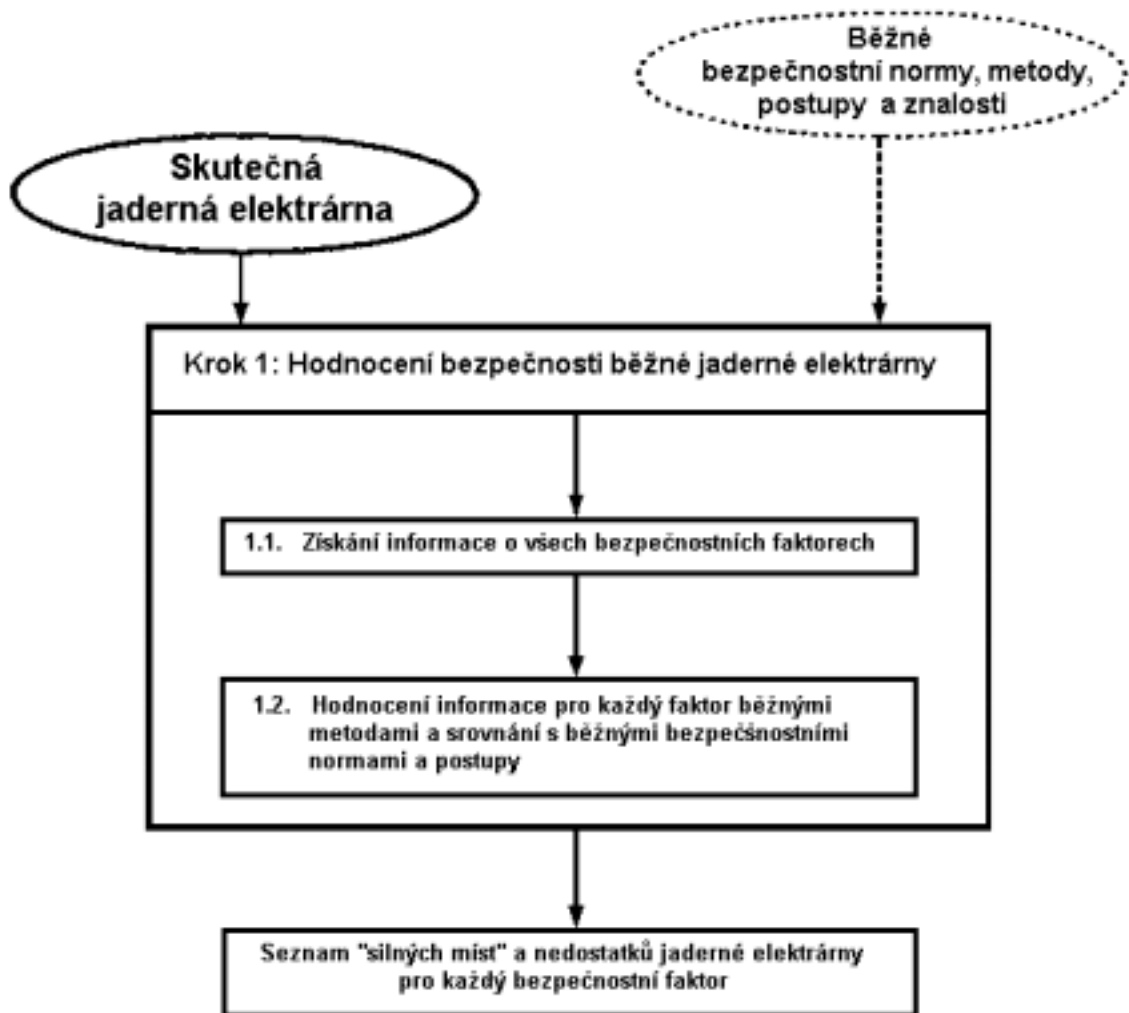
6. REVIZNÍ POSTUP

ÚVOD

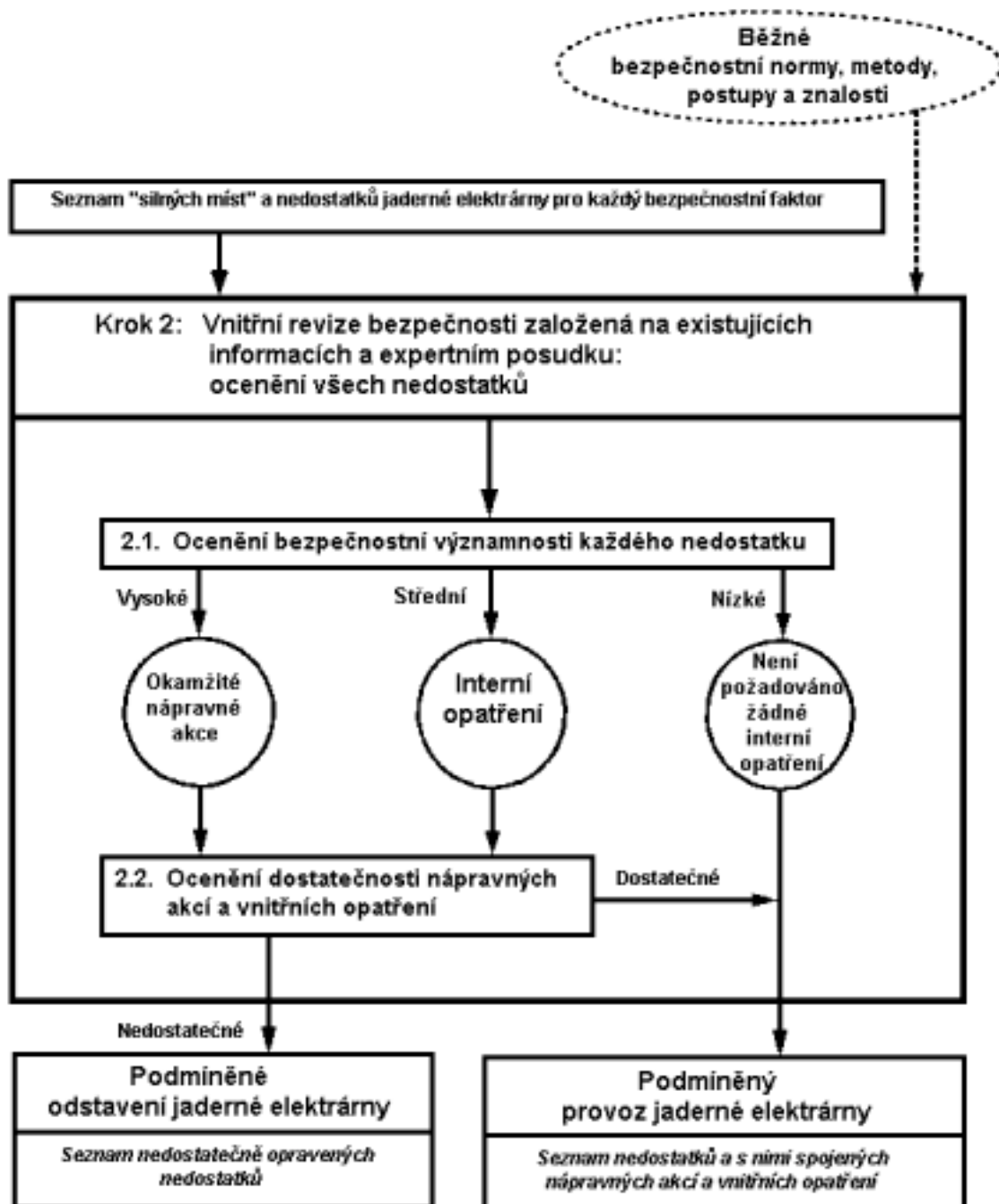
601. Základní postup pro implementování strategie popsané v části 4, která je aplikovatelná na všechny bezpečnostní faktory, je ukázána na obr.1. Skládá se ze tří hlavních kroků. Prvním je ocenění současného stavu bezpečnosti, druhým je vnitřní revize bezpečnosti a třetím je „hloubková“ revize bezpečnosti. Individuální kroky jsou dále ilustrovány v obr. 2-4 a jsou popsány v následujících odstavcích. Zamýšlený postup by měl být dostatečně flexibilní, aby dovolil členskému státu MAAE uvažovat každý faktor a detailně jej modifikovat tak, aby vyhovoval národním požadavkům a usnadnil využití poznatků z příslušných studií a pravidelných nebo speciálních revizí bezpečnosti.



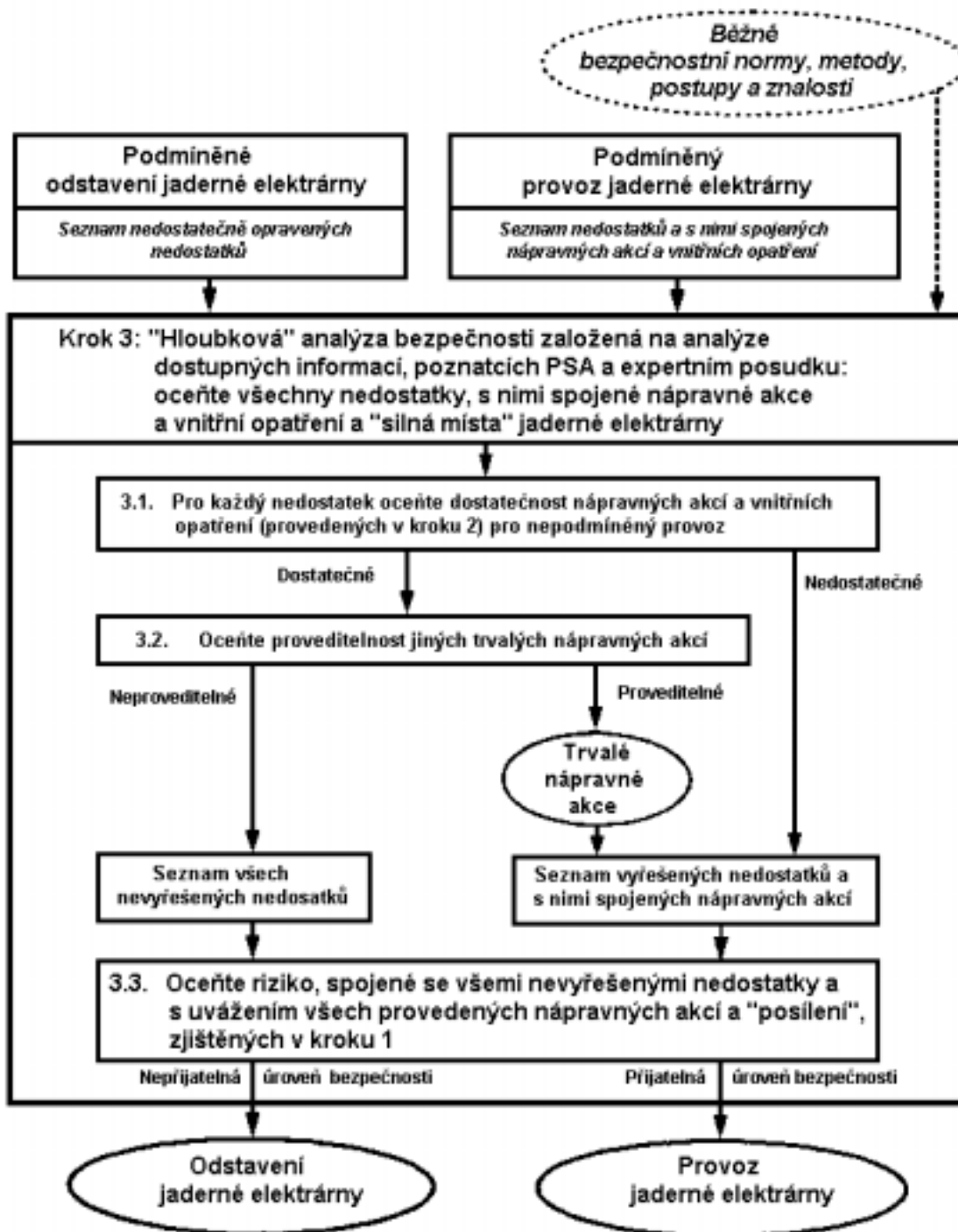
Obr. 1 Postup periodické revize bezpečnosti jaderné elektrárny: graf průběhu celkového procesu.



Obr. 2 Krok 1 postupu při periodické revizi bezpečnosti jaderné elektrárny: ocenění běžné bezpečnosti



Obr. 3 Krok 2 postupu při periodické revizi bezpečnosti jaderné elektrárny: vnitřní (interní) revize bezpečnosti



Obr. 4 Krok 3 postupu při periodické revizi bezpečnosti jaderné elektrárny: „hlubková“ revize bezpečnosti

602. Ještě před zahájením periodické revize bezpečnosti (PSR) se musí vyhovět mnoha předběžným základním požadavkům. Hlavním takovým požadavkem je souhlas mezi vlastníkem/provozovatelem a dozorem o rozsahu revize, bezpečnostních normách, metodách a předpisech, které by měly být použity při revizi. Doporučuje se, že rozsah by měl jako minimum obsahovat bezpečnostní faktory uvedené v kapitole 4. Členský stát MAAE si může přát rozšířit seznam bezpečnostních faktorů, například uvažováním zajištění jakosti nebo radiační ochrany jako separátní faktory. Jestliže jakékoliv faktory uvedené v kapitole 4 nejsou zahrnuty, měl by být tento fakt dokumentován a mělo by být dáno rozumné vysvětlení pro jejich vyloučení z periodické revize bezpečnosti (PSR). Bezpečnostní normy, metody a předpisy budou ve většině případů založeny na národních normách a předpisech (praxi) a budou odrážet současné znalosti. V takových případech, kdy dostatečné národní normy neexistují, by měl být učiněn odkaz na mezinárodní zákony (kodex) a normy (takové jako jsou prezentovány MAAE, ISO (International Organization for Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission)) nebo, je-li to vhodné, uznanou organizací jednotlivé země (např. ASME (American Society of Mechanical Engineers), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)). Relevantní mohou být též normy a předpisy pro projekt a provozní organizaci, které by též a měly být vzaty v úvahu, např. „INPO dobré předpisy“ (good practice).

KROK 1: HODNOCENÍ SOUČASNÉ BEZPEČNOSTI JADERNÉ ELEKTRÁRNY

603. V prvním kroku je běžnými metodami oceněn každý z jedenácti bezpečnostních faktorů a je uděláno srovnání s běžnými bezpečnostními normami a postupy (obr.2). Měl by být připraven seznam odchylek udávající oblasti, kde jsou přesaženy běžné požadavky a kde nejsou dosaženy. Všechny významné nedostatky by měly být jasně definovány. Jestliže neexistují žádné nedostatky, nejsou nezbytné další kroky revize.

KROK 2: VNITŘNÍ (INTERNÍ) REVIZE BEZPEČNOSTI

604. Jakákoliv informace, která objeví nějaký nedostatek, by měla být podrobena okamžité revizi bezpečnosti (krok 2.1) (obr.3). Cílem je, že revize by měla být prováděna bez zpoždění a proto by měla být dělána spíše s využitím bezpečnostního úsudku než jako detailní analýza.

605. V případech, kde je význam bezpečnosti vysoký, by měly být implementovány okamžité nápravné akce. V případech, kdy je dle posouzení situace sice vážná, ale nevyžaduje okamžitou akci, by mělo být navrženo provedení vnitřních opatření co nejdříve dle rozumného uvážení.

606. Dalším krokem (krok 2.2) ve vnitřní revizi je hodnocení dostatečnosti nápravných akcí a vnitřních opatření ve srovnání s běžnými bezpečnostními normami a předpisy, které provádí dozor. Výsledkem tohoto kroku bude rozhodnutí mezi dvěma alternativami (obr.3):

- (a) Elektrárna je odstavena (s jasně definovanými nedostatečně napravenými nedostatky a specifickými nepřiměřenostmi)
- (b) Elektrárně je povolen provoz (s jasně definovanými nedostatky a s nimi spojenými nápravnými akcemi a vnitřními opatřeními).

KROK 3: „HLOUBKOVÁ“ REVIZE BEZPEČNOSTI

607. Rozhodnutí dosažené v kroku 2, buď k pokračování v provozu nebo podmíněnému odstavení jaderné elektrárny, by mělo být potvrzeno provedením „hloubkové“ revize bezpečnosti pro všechny nedostatky, s tím spojené nápravné akce a vnitřní opatření, společně s uvážením „silných míst“ elektrárny, zjištěných v kroku 1 (obr.4). Tato hloubková revize by měla používat běžné postupy v největším možném rozsahu a dle vhodnosti vzít v úvahu zjištění získaná pravděpodobnostní analýzou bezpečnosti (PSA) a analýzou cena-užitek (cost-benefit).

608. Nápravné akce a vnitřní opatření, implementované pro každý nedostatek zjištěný v kroku 1, jsou v kroku 3 oceněny tak, aby se určila jejich dostatečnost pro nepodmíněný provoz.

609. Jestliže „hloubková“ revize ukazuje pro jednotlivý nedostatek, že nápravné akce a vnitřní opatření redukovaly jeho příspěvek k riziku (spojenému s pokračováním provozu elektrárny) na přijatelnou úroveň, pak tento nedostatek by měl být zahrnut do seznamu vyřešených nedostatků. Na druhé straně, jestliže „hloubková“ revize ukáže, že tento příspěvek, spojený s pokračováním provozu elektrárny, je příliš vysoký, měla by být oceněna možnost (proveditelnost) jiných trvalých nápravných akcí, které se týkají tohoto nedostatku (krok 3.2). Ty nápravné akce, které jsou proveditelné, by měly být provedeny (implementovány). Zbývající nedostatky by měly být zahrnuty do seznamu nevyřešených nedostatků.

610. Riziko spojené s pokračováním provozu za přítomnosti všech nevyřešených nedostatků pro všechny bezpečnostní faktory by mělo být celkově oceněno v kroku 3.3. Toto je důležité pro možnost, že každý nedostatek se může jevit přijatelný, je-li uvažován v izolaci, ale když je dán dohromady s ostatními, může se ukázat jako nepřijatelný. To se týká hlavně toho, když jsou uvažovány lidské a organizační faktory. (Kultura bezpečnosti je reprezentována kombinací mnoha individuálních faktorů, přičemž jakýkoliv z nich, v izolaci, se může projevit jako nedůležitý).

611. Jaderná elektrárna by měla být odstavena, jestliže konečným závěrem je, že pokračování provozu reprezentuje nepřijatelné riziko. Pokud je konečným závěrem, že provoz může pokračovat, pak zjištěné nedostatky by měly být sumarizovány a jako základ pro celkový posudek zaznamenány.

7. ZÁSADY PŘIJATELNOSTI PRO POKRAČOVÁNÍ PROVOZU ELEKTRÁRNÝ

701. Postup popsáný v předešlé části 6 by měl nalézt jakékoliv rozdíly mezi stavem bezpečnosti jaderné elektrárny a současnými (běžnými) bezpečnostními normami a předpisy. Některé odlišnosti mohou mít skutečně silný význam, protože stav bezpečnosti elektrárny při jednotlivých řešených otázkách může být lepší, než je běžně požadováno. Je také důležité poznamenat, že postup nepožaduje, aby provozovaná jaderná elektrárna dodržela všechny běžné požadavky, ale aby s nimi byla porovnána. Připouští se, že některé bezpečnostní charakteristiky, jako jsou běžné seismické charakteristiky, nemohou být snadno znovu přehodnoceny a že některé aspekty projektu, jako je schéma elektrárny, je obtížné modifikovat. Pro tyto případy vyžaduje postup pouze to, aby bylo oceněno riziko spojené s nedostatky a bylo připraveno oprávnění (ospravedlnění) pro pokračování provozu.

702. Oceněny by měly být rozdíly, které jsou klasifikovány jako nedostatky. Požadován je posudek, s ohledem na riziko, o přijatelnosti pokračování v provozu s nedostatky, které

zůstaly po implementování všech nápravných akcí. Aspekty (hlediska) zahrnuté v tomto posudku mohou zahrnovat:

- (1) *Existující národní politiku o provozu jaderných elektráren.* Existují případy, kde souhlas s původními bezpečnostními normami, kdy elektrárna byla navržena, byl na přijatelných základech pro provoz během celého provozního života nebo alespoň projektového života. I když původní normy bezpečnosti byly jasně nepřiměřené, může některá země povolit pokračování provozu elektrárny i s takovými nevyřešenými nedostatky, které nezpůsobují nesoulad s původními normami bezpečnosti.
- (2) *Zbývající dobu provozu, navrženou vlastníkem/operátorem.* Jestliže je období dostatečně krátké, riziko spojené s pokračováním provozu s některými nedostatky může být posouzeno v průběhu této doby jako přijatelné, pokud vskutku mohou být udělána dostatečná nápravná opatření.
- (3) *Čas potřebný na zavedení (implementování) nápravných akcí.* Jestliže čas potřebný na implementování nápravných akcí (modifikací) je značný a doba užitku krátká, pak nemůže být pro dozor rozumné požadovat, aby tyto akce byly vykonány. Pokud by modifikace byly nezbytné, pak by pokračování provozu nemělo být povoleno až do té doby, kdy budou zavedeny nebo budou provedena dostatečná vnitřní opatření.
- (4) *Užití pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti (PSA).* Jestliže jsou dostupné výsledky dostatečné analýzy PSA a PSA je pro dozor přijatelné, může být použito jako míra rizika kladeného na každý nevyřešený nedostatek. Informace s využitím PSA je zřejmě nápomocná, ale nejistoty v datech a postupech nedovolují, aby o pokračování provozu bylo rozhodnuto pouze na základě výsledků PSA.
- (5) *Deterministické úvahy o celkovém účinku všech nevyřešených nedostatků a všech nápravných akcí a „silných míst“, nalezených v bodu 1, na bezpečný provoz elektrárny.* Neexistuje žádný, v současnosti dostupný, zřejmý nebo ověřený postup než „ústupková“ („standback“) revize a expertní posudek.
- (6) *Použití analýzy typu cena-užitek (cost-benefit).*

703. Mohou existovat takové okolnosti, při kterých by uzavření elektrárny mělo pro zemi takové sociální a ekonomické následky, že je, bez ohledu na výsledky periodické revize bezpečnosti (PSR), uděláno rozhodnutí o pokračování v provozu. V takovýchto případech může být poskytnuta asistence ke zlepšení bezpečnosti elektrárny na úroveň mezinárodních norem buď bilaterálně (zeměmi, které mají zkušenosti v jaderně-energetických programech), nebo multilaterálně (prostřednictvím mezinárodních organizací).

8. AKTIVITY PO REVIZI

801. Periodická revize bezpečnosti (PSR) je kompletní, když jsou zahrnuty (implementovány) všechny analýzy a nápravné akce (tj. modifikace vztažené k elektrárně nebo postupům). Pokud není prakticky uskutečnitelné kompletovat tyto analýzy a modifikace v časovém rozsahu periodické revize bezpečnosti (PSR), měl by být mezi vlastníkem/provozovatelem a dozorem odsouhlasen soupis (časově rozvržený) mimořádných prací.

802. Dokumentace z periodické revize bezpečnosti (PSR) by měla být skladována pomocí vhodného systému, s dostatečnou mírou detailnosti, tak, aby dovolila snadné nalézání a

dotazování ze strany vlastníka/provozovatele i dozoru. Dokumentace by měla obsahovat informace o poučení (lessons learned) z periodické revize bezpečnosti (PSR).

803. Dozor by měl předat poznatky z periodické revize bezpečnosti vládě a jiným úřadům ustanoveným národním zákonem a měl by též informovat veřejnost. Informovat příslušné úřady a veřejnost by měl také vlastník/provozovatel.

Poznámky překladatele:

Překlad je připraven se snahou o co nejvěrnější interpretaci daného textu, což v řadě případů vedlo k doplňujícím synonymům v závorce, které upřesňují význam, nebo jsou jako „anglikanismy“ v češtině též používána (např. vedení (management)).

V některých případech byl anglický text, resp. slovní spojení, překládán důsledně, přestože toto spojení působí v češtině „nepřívětivě“. Příkladem může být např. „reactor fault“ překládané jako „chyba reaktoru“ a nikoliv porucha, selhání, či jiný ekvivalent, protože autor textu mohl (možná i měl, pokud to nebyl úmyslný záměr) použít správný anglický ekvivalent (např. „failure“).

Pro hojně se v textu vyskytující anglické zkratky nebyly záměrně vytvářeny české ekvivalenty, pokud již nejsou v češtině takové zkratky běžně používány. Zpravidla byl použit český překlad s uvedením zkratky a anglického významu v závorce, resp. byla uvedena zkratka s anglickým významem v závorce. Byla-li zkratka použita v blízkém okolí znovu, byla v překladu použita anglická zkratka.

U překladu anglických názvů, resp. ustálených spojení (zejména technického charakteru), jejichž ekvivalent se v češtině výrazně liší (součástí překládaného textu nebyl ani seznam zkratek, ani není samostatně uveden anglicko-český slovníček vybraných ekvivalentů), bylo umožněno nalézt čtenáři správné anglické ekvivalenty v závorce za českým překladem.

Dodatek

ZÁKLADNÍ ČÁSTI REVIZE

Tento dodatek poskytuje základní části generické (obecné) revize pro všechny bezpečnostní faktory. Tyto základní části popisují specifické náměty k diskusi nebo aktivity v rámci bezpečnostních faktorů, které by měly být revidovány. Seznam těchto částí nemusí pokrývat všechny náměty nebo aktivity spojené s bezpečnostními faktory a proto, i když bylo reagováno (byly osloveny) na všechny uvedené části, nemusí to nezbytně znamenat, že jednotlivý bezpečnostní faktor byl plně pokryt.

Před periodickou revizí bezpečnosti (PSR) by mezi dozorem a vlastníkem/provozovatelem odpovědným za provedení periodické revize bezpečnosti (PSR) měly být odsouhlaseny základní části revize. Tyto by měly být obnovovány podle současných znalostí, norem a předpisů (praxe) a kontrolována by měla být shoda s příslušnými národními a mezinárodními předpisy a normami.

SKUTEČNÉ FYZIKÁLNÍ PODMÍNKY JADERNÉ ELEKTRÁRNY

- (a) Detailní popis elektrárny podporovaný schémata a obrázky systémů a zařízení.
- (b) Informace o funkční schopnosti elektrárny, systémů a hlavních částí zařízení (se zahrnutím zpracování odpadů a systémů a zařízení radiační ochrany).
- (c) Poznatky z testů, které validují (ověřují a potvrzují) funkční schopnost.
- (d) Výsledky inspekci komponent.
- (e) Záznamy o údržbě
- (f) Popis existujících fyzikálních podmínek systémů, konstrukcí a komponent elektrárny, založený na inspekci a testu.
- (g) Popis podpůrných zařízení (staveb), dostupný pro elektrárnu (umístěných jak v místě elektrárny, tak mimo něj), zahrnující údržbářské i opravárenské dílny.
- (h) Popis charakteristik mimo místo elektrárny, zahrnující hustotu obyvatelstva, průmyslový rozvoj a uspořádání dopravy (letišť, silniční a železniční systémy, atd.).

BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZY

- (a) Kompilace existujících bezpečnostních analýz a jejich předpokladů.
- (b) Konstrukce, systémy a komponenty (structures, systems and components – SSC), důležité pro bezpečnost.
- (c) Limity a povolené provozní stavy.
- (d) Postulované iniciační události pro existující bezpečnostní analýzy a porovnatelný seznam pro moderní jadernou elektrárnu.
- (e) Analytické metody a výpočtové kódy, použité v existujících bezpečnostních analýzách a porovnatelný seznam pro moderní jadernou elektrárnu, se zahrnutím validace.

- (f) Radiační dávky a limity pro úniky při havarijních podmínkách.
- (g) Pravidla dozoru pro bezpečnostní analýzy akcí operátora, události se společnou příčinou, křížové (cross-links) efekty, kritérium jednoduché poruchy, zálohovanost (redundanci), rozličnost (diversitu) a oddělenost (separaci).
- (h) Očekávané provozní události (stavy).
- (i) Charakteristika místa, obzvláště záplav a seismicity, které mohou vytvářet nebezpečí (hazard).
- (j) Lokální meteorologické podmínky.
- (k) Vnější rozdělení populace.

KVALIFIKACE ZAŘÍZENÍ

- (a) Seznam zařízení pokrytého kvalifikačním programem zařízení a seznam kontrolních postupů (procedur).
- (b) Kvalifikační zpráva a jiné podpůrné dokumenty (např. specifikace kvalifikovaných zařízení, kvalifikační plán).
- (c) Ověření (verifikace) toho, že instalované zařízení odpovídá (se rovná) kvalifikovanému zařízení.
- (d) Postupy (procedury) k udržení kvalifikace během (instalované) doby života zařízení.
- (e) Mechanizmy pro zajištění souladu s těmito postupy.
- (f) Program dozoru (dohlížení) a postup zpětné vazby pro zajištění toho, aby degradace kvalifikovaného zařízení stárnutím zůstala nevýznamná.
- (g) Analýza účinků poruch zařízení na kvalifikaci zařízení a příslušné nápravné akce k udržení kvalifikace zařízení.
- (h) Ochrana kvalifikovaného zařízení před nepříznivými okolními podmínkami.
- (i) Fyzikální podmínky a funkčnost kvalifikovaného zařízení.
- (j) Záznamy o kvalifikačních opatřeních provedených během (instalované) doby života zařízení.

ŘÍZENÉ STÁRNUTÍ

- (a) Program řízeného stárnutí.
- (b) Dokumentované metody a kritéria pro nalezení SSC (konstrukcí, systémů a komponent), pokrytých programem řízeného stárnutí.
- (c) Seznam SSC (konstrukcí, systémů a komponent) pokrytých programem řízeného stárnutí a záznamy, které poskytují informaci k podpoře řízeného stárnutí.
- (d) Zhodnocení a dokumentace potenciální degradace stárnutím, která by mohla ovlivnit bezpečnostní funkce SSC (konstrukcí, systémů a komponent).
- (e) Míra (rozsah) porozumění dominantním mechanismům stárnutí SSC (konstrukcí, systémů a komponent).
- (f) Programy pro včasnou detekci a omezení následků procesů stárnutí a/nebo vlivů stárnutí.

- (g) Kritéria přijatelnosti a požadovaných bezpečnostních rezerv pro SSC (konstrukce, systémy a komponenty).
- (h) Respektování (vzetí na vědomí) fyzikálních podmínek SSC (konstrukcí, systémů a komponent), se zahrnutím skutečných bezpečnostních rezerv.

BEZPEČNÝ PROVOZ

- (a) Systém pro identifikování a klasifikování bezpečnostně významných nehod.
- (b) Zajištění analýz kořenových příčin (root causes) nehod a implementace výsledků.
- (c) Metody pro výběr a záznam bezpečnostně významných provozních dat, se zahrnutím dat z údržby, testů a inspekci.
- (d) Analýzy trendů bezpečnostně významných provozních dat.
- (e) Zpětná vazba bezpečnostně významných provozních dat do provozních režimů.
- (f) Analýza ukazatelů bezpečného provozu, jako je:
 - četnost neplánovaných odstavení reaktoru (na kritičnosti)
 - četnost spouštění/požadavků vybraných bezpečnostních systémů
 - četnost poruch bezpečnostních systémů
 - nepohotovost bezpečnostních systémů
 - kolektivní radiační dávka za rok
 - trendy příčin poruch (chyby operátora, problémy elektrárny, administrativa, problémy řízení a kontroly)
 - nedodělky z nedodělané údržby
 - rozsah opakované údržby
 - rozsah nápravné (poruchové) údržby
 - četnost neplánovaných akcí operátora v zájmu bezpečnosti a míra jejich úspěšnosti
 - rychlost vzniku jaderných odpadů
 - množství skladovaných jaderných odpadů.
- (g) Záznamy o radiačních dávkách osob v místě elektrárny.
- (h) Záznamy o vnějším monitorování radiačních dat.
- (i) Záznamy o množství radioaktivních úniků.

UŽITÍ ZKUŠENOSTÍ Z JINÝCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN A POZNATKŮ VÝZKUMU

- (a) Zajištění zpětné vazby na základě zkušeností, týkajících se bezpečnosti, z jiných jaderných elektráren a jiných relevantních nejaderných elektráren.
- (b) Ocenění výše uvedených zkušeností a akce na základě těchto zkušeností.
- (c) Zajištění příjmu informací o poznatcích relevantních výzkumných programů.
- (d) Ocenění informací z výzkumu a akce na základě těchto informací.

- (e) Modifikace elektrárny, které jsou výsledkem výše uvedených bodů.

POSTUPY

- (a) Formální schválení a dokumentace všech bezpečnostně významných postupů.
- (b) Formální systém pro modifikování postupu.
- (c) Porozumění a akceptování těchto postupů vedením (managementem) a personálem elektrárny (v lokalitě).
- (d) Důkaz, že tyto postupy jsou dodržovány.
- (e) Dostatečnost těchto postupů ve srovnání s „dobrou praxí“ (good practice).
- (f) Zajištění pravidelných revizí a údržby těchto postupů.
- (g) Jasnost postupů, bereme li v úvahu principy lidského faktoru.
- (h) Souhlas těchto postupů s předpoklady a poznatky bezpečnostních analýz, projektem elektrárny a provozními zkušenostmi.
- (i) Symptomově orientované havarijní předpisy (Emergency Operating Procedures – EOP) pro obnovení bezpečnostních funkcí.

ORGANIZACE A ADMINISTRATIVA

- (a) Mechanizmy nastavení provozních a bezpečnostních rezerv.
- (b) Politika „dávání přednosti bezpečnosti před výrobou a jejím využitím“.
- (c) Dokumentované role a odpovědnosti jednotlivců a skupin.
- (d) Postupy pro zpětnou vazbu ze zkušeností s personálem, se zahrnutím zkušeností z organizačních chyb a chyb vedení (managementu).
- (e) Mechanizmy pro udržování konfigurace jaderné elektrárny a její dokumentace.
- (f) Formální systém (uspořádání) pro zaměstnávání externích technických, údržbářských nebo jiných specialistů.
- (g) Zařízení pro výcvik personálu a programy.
- (h) Program zajištění jakosti a pravidelné auditu na zajištění jakosti, se zahrnutím nezávislých hodnotitelů (viz referenci [21]).
- (i) Souhlas s požadavky dozoru.
- (j) Obsažnost, snadné vyhledávání (roztříditelnost) a kontrolovatelnost (ve smyslu auditu) záznamů základních informací a historie provozu a údržby [2, 8-10, 13, 22].

LIDSKÉ FAKTORY

- (a) Úroveň personálu pro provoz jaderné elektrárny s poznáním absencí, směnové práce a omezení přesčasů.
- (b) Dostupnost (pohotovost) kvalifikovaného personálu ve službě v libovolném čase.
- (c) Systematické a validované metody výběru personálu (např. testování nadání, znalostí a zručnosti).

- (d) Programy pro počáteční, průběžný (opakovaný) a zkvalitňující (při nových skutečnostech) výcvik, zahrnující použití simulátorů.
- (e) Výcvik v kultuře bezpečnosti, zvláště pro pracovníky vedení (management).
- (f) Programy pro zpětnou vazbu provozních zkušeností z poruch, způsobených člověkem.
- (g) Vhodnost povinných návodů vzhledem k hodinám práce, zdraví a zneužití majetku.
- (h) Požadavky na oprávnění (kompetence) pro provozní, údržbářský, technický a vedoucí (management) personál.
- (i) Vztah člověk-stroj (man-machine): bloková dozorna a jiné pracovní stanice; analýza požadavků na lidské informace a úkoly s pracovním zatížením.

HAVARIJNÍ PLÁNOVÁNÍ

- (a) Studie o omezení havárií.
- (b) Strategie a organizace při vzniku nebezpečí.
- (c) Plány a postupy při vzniku nebezpečí.
- (d) Zařízení a budovy v místě elektrárny pro případ nebezpečí.
- (e) Havarijní centra v místě a mimo elektrárnu.
- (f) Způsoby komunikace.
- (g) Havarijní výcvik, cvičení a zkušenosti.
- (h) Vztahy příslušných organizací, jako jsou jaderný dozor, policie, požární oddělení, nemocnice, ambulantní služba, místní úřady, úřady veřejné péče a informační media.
- (i) Zajištění pravidelných revizí havarijních plánů a postupů.
- (j) Zajištění ostrahy při nebezpečí.
- (k) Místní rozdělení populace.

DOPAD NA OKOLÍ.

- (a) Limity úniků.
- (b) Záznamy o únicích.
- (c) Vnější monitorování kontaminace a radiační úrovně.
- (d) Poplachové systémy, reagující na neplánované úniky ze zařízení uvnitř elektrárny.
- (e) Publikace o datech v okolí elektrárny.
- (f) Změny ve využívání oblastí půdy kolem místa elektrárny.

REFERENCE

- [1] International Atomic Energy Agency, Safety Fundamentals: The Safety of Nuclear Installations, Safety Series No.110, IAEA, Vienna (1993).
- [2] International Atomic Energy Agency, Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Operation, Safety Series No. 50-C-O (Rev.1), IAEA, Vienna (1998).
- [3] “Treatment of nuclear power plants built to earlier safety standards”, Issue III and Background Paper III, The Safety of Nuclear Power: Strategy for the Future (Proc. Conf. Vienna, 1991), IAEA, Vienna (1992) 73 and 163.
- [4] International Atomic Energy Agency, General Design Safety Principles for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-D11, IAEA, Vienna (1986).
- [5] International Atomic Energy Agency, Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Design, Safety Series No. 50-C-D (Rev.1), IAEA, Vienna (1988).
- [6] International Atomic Energy Agency, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-D15, IAEA, Vienna (1992).
- [7] International Atomic Energy Agency, Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety, Technical Reports Series No. 338, IAEA, Vienna (1992).
- [8] International Atomic Energy Agency, Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plant Ageing, Safety Series No. 50-P-3, IAEA, Vienna (1991).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, In-service Inspection for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-02, IAEA, Vienna (1980).
- [10] International Atomic Energy Agency, Surveillance of Items Important to Safety in Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-08 (Rev.1), IAEA, Vienna (1990).
- [11] International Atomic Energy Agency, Operational Limits and Conditions for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-03, IAEA, Vienna (1979).
- [12] International Atomic Energy Agency, Radiation Protection During Operation of Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-05, IAEA, Vienna (1983).
- [13] International Atomic Energy Agency, Operational Management for Radioactive Effluents and Wastes Arising in Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-011, IAEA, Vienna (1986).
- [14] International Atomic Energy Agency, Maintenance of Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-07 (Rev.1), IAEA, Vienna (1990).
- [15] International Atomic Energy Agency, Management of Nuclear Power Plants for Safe Operation: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-09, IAEA, Vienna (1984).
- [16] International Nuclear Safety Advisory Group, Safety Culture, Safety Series No. 75-INSAG-4, IAEA, Vienna (1991).

- [17] International Atomic Energy Agency, Preparedness of the Operating Organization (Licensee) for Emergencies at Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-06, IAEA, Vienna (1982).
- [18] International Atomic Energy Agency, Emergency Preparedness Exercises for Nuclear Facilities: Preparation, Conduct and Evaluation, Safety Series No. 73, IAEA, Vienna (1985).
- [19] International Atomic Energy Agency, Developments in the Preparation of Operating Procedures for Emergency Conditions of Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-341, Vienna (1985).
- [20] International Atomic Energy Agency, Experience with Simulator Training for Emergency Conditions, IAEA-TECDOC-443, Vienna (1987).
- [21] International Atomic Energy Agency, Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Quality Assurance, Safety Series No. 50-C-QA (Rev.1), IAEA, Vienna (1988).
- [22] International Atomic Energy Agency, Quality Assurance Records System for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-QA2, IAEA, Vienna (1979).