

Forskning

**Jämförelse av SKIFS 2004:1 och
Tillsynshandbok PSA mot ASME PRA
Standard och Europeiska krav på PSA**

Per Hellström

April 2005

SKI-perspektiv

Bakgrund

SKI ställer via SKIFS 2004:1 krav på PSA verksamhet hos kraftbolagen. SKI:s Tillsynshandbok för PSA (SKI rapport 2003:48) anger så kallade viktiga aspekter som ger vägledning till SKI:s förväntningar vad gäller omfattning och teknisk kvalitet hos såväl PSA verksamheten som PSA studierna och dessas tillämpning hos tillståndshavarna.

Internationellt pågår ett standardiseringsarbete. En standard för PSA nivå 1 har tagits fram av ASME. Standarden anger krav på de olika delarna av en PSA vid dess användning i riskinformerade tillämpningar. I Europa har kraftindustrin tagit fram ett kravdokument för nya anläggningar gällande bland annat PSA. IAEA arbetar sedan 2002 med framtagning av riktlinjer för PSA, avsedda att vara ett stöd dels för genomförande av PSA, dels för att kontrollera om en PSA är lämpad för en viss tillämpning, och slutligen som stöd i IAEA:s PSA granskning som sker inom ramen för så kallade Independent PSA Review Team (IPSART).

SKI:s och rapportens syfte

Syftet är att jämföra SKI:s PSA krav i SKIFS och viktiga aspekter i Tillsynshandbok PSA mot ASME:s PRA standard och mot European Utility Requirements (EUR) gällande PSA.

Resultat

Resultatet visar på stora skillnader i detaljnivå i de jämförda dokumenten. Både EUR:s PSA krav och ASME standarden är mer detaljerade än Tillsynshandbokens viktiga aspekter, med ASME standarden som mest detaljerad.

En PSA som uppfyller tillsynshandbokens viktiga aspekter kan jämföras med ASME standardens nivå 1. Det är dock svårt att uttala sig generellt om vilken av ASME standardens nivåer som uppnås av en PSA som möter tillsynshandbokens granskningsvägledningar. Det är inte heller självklart att en studie som uppnår den högre nivån enligt ASME standarden är mera användbar i olika tillämpningar. ASME standarden bedöms dock vara ett bra grundläggande referensdokument, som komplement till tillsynshandbokens användning vid granskning av PSA studier.

Eventuell fortsatt verksamhet inom området

Ett ytterligare steg skulle vara att jämföra en aktuell svensk PSA studie med kravbilden i ASME:s PRA standard.

Effekt på SKI:s verksamhet

Kunskap om skillnader i SKI:s kravbild gentemot internationella referenser utgör grunden för vidareutveckling av krav och tillsyn i Sverige. De sammanställningar som gjorts inom projektet med korsvisa jämförelser mellan de olika kravdokumenten, bedöms vara användbara dels i SKI:s interna utbildning, och dels i samband med faktisk granskning.

Projektinformation

SKI:s handläggare:	Ralph Nyman
Projektnummer:	03115
Dossié-diarienummer:	SKI 03/0542

SKI Perspective

Background

SKI has requirements on the utilities PSA activities. These requirements cover both the scope and the technical adequacy of the activities, the PSA studies, and the PSA applications. SKI requirements are documented in SKIFS 2004:1 and in the PSA Review Handbook (SKI report 2003:48).

The ASME standard for PRA level 1 is part of an ongoing international standardisation process. The ASME standard provides requirements on three capacity levels, where increasing level mean that the PSA can be used in increasingly advanced applications. The European utilities have produced a set of requirements (EUR) for new plants. These requirements include PSA. IAEA has an ongoing project aiming at producing guidance on PSA quality for various applications. The quality is expressed in terms of a PSAs level of detail, plant specificity and realism. The IAEA guidance is meant to support PSA work, check of the adequacy of a PSA for use in a specific application and finally support the IAEA independent PSA review work (IPSART).

The aim of SKI and of the report

The aim with the reported work is to compare the Swedish PSA requirements in SKIFS and the important aspects in the Review Handbook with the ASME PRA standard and EUR PSA requirements, and to identify and evaluate differences and similarities.

Results

Especially the ASME PRA standard is more detailed than the important aspects in the Review Handbook.

A PSA that explicitly fulfils the important aspects provided in the Review Handbook is comparable to the ASME PRA standard capability category 1. However, it is difficult to judge the ASME PSA capability category level that follows from a PSA fulfilling all the important aspects in the Review Handbook. It is also not obvious that a PSA study corresponding to the highest PRA standard capability category is more useful.

Especially ASME PRA standard is a basic reference document that provides details that are useful when performing PSA review according to the Review Handbook.

Possible continued activities within the area

A next step in this kind of work would be to compare an actual recently updated Swedish PSA against the ASME PRA standard requirements.

Effect on SKI activities

Knowledge about weaknesses and strengths in the requirements put by SKI, compared with international references is part of the basis for further development of requirements and review procedures. The compilations made within the study, with cross references between EUR, ASME, SKIFS and the Review Handbook, are judged as useful both in SKI internal learning activities and in real review activities.

Project information

Project responsible at SKI:	Ralph Nyman
Project number:	03115
Dossié-diarie number:	SKI 03/0542

Forskning

Jämförelse av SKIFS 2004:1 och Tillsynshandbok PSA mot ASME PRA Standard och Europeiska krav på PSA

Per Hellström

RELCON AB
Box 1288
172 25 Sundbyberg

April 2005

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens/författarnas egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med SKI:s.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte med rapporten	1
1.3. Innehåll i denna rapport	1
2. Aktuell utveckling av dokument gällande PSA-kvalitet	2
3. Beskrivning av referensdokument	3
3.1. Översikt	3
3.2. SKIFS/Tillsynshandboken	3
3.3. European Utility Requirements för PSA	6
3.4. ASME PRA Standard	7
4. Principer för jämförelse av kravbilder	10
5. Beskrivande jämförelse av SKIFS/Tillsynshandbok mot ASME och EUR	11
5.1. Översikt	11
6. Jämförelse av SKIFS/tillsynshandbok gentemot ASME standarden	16
7. Diskussioner och slutsatser	23
8. Referenser	25

Tabellförteckning

Tabell 1: Omfattning av viktiga aspekter i Tillsynshandboken	5
Tabell 2: Innehåll i EUR 2.17 PSA-Metodik	6
Tabell 3: ASME PRA standardens kapacitetsindelning [2].....	8
Tabell 4: Uppdelning i PSA beståndsdelar (element).....	8
Tabell 5: Innehåll och omfattning av tekniska attribut i ASME PRA Standard exklusive dokumentation [2], [12].	9
Tabell 6: Benämningar på analys och kravområden	11
Tabell 7: Delområden i olika dokument.....	12
Tabell 8: Täckningsgrad beträffande ASME standardens högnivåkrav	16
Tabell 9: THBs täckningsgrad beträffande ASME standardens stödkrav	20
Tabell 10: Viktiga aspekter hos THB som ej täcks av ASME standarden.....	23

Bilagor

Bilaga 1: Sammanställning av dokument med beskrivning av PSA, PSA-metoder och kravbilder från rapporten RELCON-2001159-R-002.

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens kravs på kapacitetsnivåer.

Förkortningar och beteckningar – Organisationer

ANS	American Nuclear Society ANS på Internet: http://www.ans.org
ASME	American Society for Mechanical Engineers ASME på Internet: www.asme.org
DOE	Department of Energy DOE på Internet: www.doe.gov
EPRI	Electric Power Research Institute (EPRI) EPRI på Internet: http://www.epri.com/
EU	Europeiska Unionen
EUR	European Utility Requirements. EUR på Internet: http://www.europeanutilityrequirements.org
IAEA	International Atomic Energy Agency IAEA på internet: www.iaea.org
IEEE	IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE på Internet: http://www.iec.ch
NEI	Nuclear Energy Institute NEI på Internet: www.nei.org
NPSAG	Nordiska PSA Gruppen NPSAG på Internet: www.npsag.se
NRC	Nuclear Regulatory Commission NRC på Internet: www.nrc.gov
NRMCC	Nuclear Risk Management Coordinating Committee NRMCC på Internet: http://www.asme.org/cns/ncsnews/8NRMCCF.shtml
SKI	Statens Kärnkraftinspektion SKI på Internet: www.ski.se

Förkortningar och beteckningar - Tekniska termer

CC	Capability Category
CCF	Common Cause Failure
CDF	Core Damage Frequency
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
HLR	High Level Requirements
HRA	Human Reliability Analysis
LERF	Large Early Release Frequency
LPSA	Living PSA
PRA	Probabilistic Risk Assessment
PSA	Probabilistic Safety Assessment - Probabilistisk Säkerhetsanalys
QA	Quality Assurance
RG	Regulatory Guide
RIISI	Risk Informed In Service Inspection
SKIFS	SKI:s Författningssamling
SR	Supporting Requirements
STF	Säkerhetstekniska föreskrifter
THB	Tillsynshandboken för PSA
TI	Testintervall
YH	Yttre händelser

Sammanfattning

Kravbilder på PSA som ska användas i riskinformerade tillämpningar finns uttryckta i olika internationella dokument. Bland dessa finns ASME PRA Standard som kom ut våren 2002 och den europeiska kraftindustrins krav på PSA för nya reaktorer angivna i de så kallade European Utility Requirements (EUR) dokumenten.

Det dokument som ställer krav på PSA verksamheten i Sverige är SKIFS 2004:1. SKI har också en Tillsynshandbok för PSA dokumenterad i SKI rapport 2003:48. Tillsynshandboken utgör SKI:s stöd vid granskning av kraftbolagens PSA verksamhet och utförda PSA. Tillsynshandboken uttrycker SKI:s förväntningar på PSA verksamhet och PSA i form av så kallade ”viktiga aspekter”.

En jämförelse mellan å ena sidan SKIFS krav och Tillsynshandbokens ”viktiga aspekter och å andra sidan EUR:s PSA krav och ASME:s PRA standard redovisas. Jämförelsen visar bland annat på stora skillnader i detaljnivå i de studerade kravbilderna, där ASME är mest detaljerad och specifik. Detta är väntat då det inte var ett syfte med Tillsynshandbok PSA att vara en ”PSA guide” på samma sätt som ASME:s PRA standard.

Jämförelsen ger ändå en uppfattning av hur pass väl SKI:s krav och viktiga aspekter inom olika delområden i en PSA motsvaras av de jämförda dokumentens krav och beskrivningar.

Man kan inte utgående från direkt jämförelse av kravbild i ASME standarden och viktiga aspekter hos THB utläsa vilken ASME kapacitet (av 3) som nås av en PSA som uppfyller THBs viktiga aspekter. Resultatet kan tolkas som att det är mindre troligt att nå kapacitet 2 och 3, då det är mycket få av nivå 2 och 3 attribut som explicit beskrivs av THBs viktiga aspekter. Många beskrivs dock generellt.

De områden med viktiga aspekter i THB som uppvisar högst explicit följsamhet på kapacitetsnivå 1 är inledande händelser, sekvensanalys och systemanalys medan de områden som har mindre explicit följsamhet är analys av operatörsingrepp, data analys, kvantifiering och inneslutningsanalys (nivå 2). På kapacitetsnivå 2 och 3 är det generellt lägre följsamhet. Det kan dock observeras att antalet tillkommande ASME-krav som finns på nivå 2 och 3 är begränsat.

Jämförelsen har också identifierat ett antal viktiga aspekter hos THB som ej täcks av ASME, trots att de ligger inom ASME standardens scope. Det finns alltså ett visst utrymme för att med hjälp av THB ytterligare öka täckningsgraden hos ASME:s PRA standard.

Den genomförda jämförelsen har lett till sammanställning av information på ett sätt som kan utnyttjas vid vidareutveckling av SKIs kravbild, utbildning och som stöd vid granskning av PSA.

Ett sätt att integrera ASMEs PSA standard i SKI:s arbete är följande:

- THB används som checklista för ”bra” PSA-arbete
- ASME PRA standard används som checklista för exakt hur PSA skall utföras (eftersom detta uttryckligen ligger utanför scope för THB)

I ett ytterligare steg skulle det också vara intressant att jämföra en aktuell svensk PSA med ASME:s kravbild på PSA.

Abstract

Requirements on PSA for risk informed applications are expressed in different international documents. The ASME PRA standard published in spring 2002 is one such document, PSA requirements are also expressed in the European Utility Requirements (EUR) for new reactors.

The Swedish PSA requirements are provided in the Swedish regulators (SKI) statutes SKIFS 2004:1. SKI also has a review handbook for PSA activities (SKI report 2003:48). The review handbook is a support during review of the utilities PSA activities and the PSAs themselves. The review handbook expresses SKI's expectations by providing so called important aspects for both the PSA work and the PSAs,

A comparison of SKIFS requirements and the important aspects in the Review handbook, on one side, and the requirements on PSA in EUR and ASME on the other side, is presented. The comparison shows a large difference in the level of detail in the different documents, where ASME is most detailed and specific. This is expected since the SKI review handbook not is a "PSA guide" in the same way as the ASME PRA standard.

A direct comparison of the ASME PRA standard requirements with the important aspects in the review handbook cannot answer the question which ASME capacity level that is achieved by a PSA meeting all important aspects. The conclusion is that it is not likely to achieve capacity level 2 and 3, since very few ASME level 3 attributes are explicitly expressed as important aspects, though many are expressed in general terms.

The review handbook important aspects that are most similar to the ASME capacity level 1 attributes are initiating events, sequence analysis, and system analysis while less similarity is found for analysis of operator actions data analysis, quantification and containment analysis (level 2). Less similarity is found for capacity level 2 and 3. However, the number of additional ASME attributes on capacity level 2 and 3 are few.

There are also important aspects in the review handbook that not are covered by the ASME attributes. These means that insights from the review handbook can further enhance the ASME PRA standard.

The compilation of the important aspects in the review handbook, the ASME PRA standard attributes and the European Utility Requirements is presented in a structured way that is judged useful for development of SKI requirements, training and as support during PSA review work.

An approach to integrate the ASME's PRA standard in SKI work is:

- The review handbook is used as a check list for "good" PSA work organisation
- ASME PRA standard is used as a check list for how the PSA is performed, since this is expressed as being outside the scope of the review handbook.

A next step in this kind of work would be to compare an actual recently updated Swedish PSA against the ASME PRA standard requirements.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Hösten 2002 avrapporterades fas 1 i Nordiska PSA gruppens (NPSAG) projekt gällande kvalitetskrav på Probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) för riskorienterade metoder i rapporten "Krav på PSA vid riskinformerad användning: Avrapportering av fas 1" (RELCON-2001159-R-002) [1].

Ovannämnda rapport behandlade bland annat de kravbilder som uttrycks i American Society for Mechanical Engineers (ASME) Probabilistic Risk Assessment (PRA) standard [2] och den amerikanska industrins granskningsprocess som tagits fram av Nuclear Energy Institute (NEI) [3].

I förslag till fortsatt arbete föreslogs olika projekt, bland annat en jämförelse av en eller flera svenska PSA:er mot de kravbilder som redovisades i [1]. Vid diskussioner med SKI framkom ytterligare förslag och ett var att jämföra de svenska kraven i SKI:s författningssamling (SKIFS) [4] och de så kallade viktiga aspekterna i SKI:s tillsynshandbok för PSA [5] mot aktuell amerikansk standard [2] och den kravbild som EUs kraftbolag har för analys av nya reaktorer som redovisas i ett European Utilities Requirements (EUR) dokument [6]. Poängteras bör att kraven på metoder, antaganden, och data på PSA angivna i EUR dokumentet är skrivet utifrån riktlinjer angivna i IAEA:s PSA guider för PSA nivå 1 och 2.

1.2. Syfte med rapporten

Syftet med föreliggande rapport är att redovisa en jämförelse av SKI:s krav och viktiga aspekter på PSA som de uttrycks i SKIFS 2004:1 [4] och Tillsynshandbok PSA, SKI rapport 2003:48 [5]¹, mot dokumenten:

- ASME, Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, an American National Standard RA-S-2002, April 2002 [2].
- European Utility Requirements For LWR Nuclear Power Plants, Volume 2, Generic Nuclear Island Requirements, Chapter 17, PSA Methodology, Revision C, April 2001 [6].

Skillnader och likheter ska belysas och värderas. I resten av rapporten kommer tillsynshandboken ofta att benämnas THB.

1.3. Innehåll i denna rapport

Avsnitt 2 redovisar en jämfört med RELCON-2001159-R-002 uppdaterad status gällande PSA styrande dokument.

Avsnitt 3 beskriver kortfattat vad de olika referensdokumenten innehåller.

Avsnitt 4 återger angreppssättet för jämförelsen och värderingen.

¹ Arbetet startade med de då aktuella utgåvorna av de styrande dokumenten, d.v.s. SKIFS 1998:1 och den preliminära versionen av Tillsynshandboken SKI rapport 99:48, men övergick till att gälla de dokument som idag är styrande.

Avsnitt 5 redovisar en beskrivande jämförelse av skillnader och likheter mellan SKIFS/Tillsynshandbok å ena sidan och ASME:s PRA standard och EUR:s PSA krav å andra sidan.

Avsnitt 6 ger en bedömning av SKIFS/Tillsynshandbokens krav och viktiga aspekter mot ASME PRA standard

En avslutande diskussion ges i avsnitt 7.

2. Aktuell utveckling av dokument gällande PSA-kvalitet

En omfattande sammanställning av dokument med beskrivning av PSA, PSA-metoder och kravbilder finns i rapporten RELCON-2001159-R-002 [1]. Dessa inkluderar ASME:s PRA standard och NEI:s granskningsprocess. Den referenslistan återges i bilaga 1.

Under 2003 och 2004 tillkom ett antal dokument av intresse vid framtagning och användning av PSA i olika riskinformerade tillämpningar.

Inom International Atomic Energy Agency (IAEA) pågår ett arbete med att ta fram ett dokument liknande ASME:s PRA standard. Dokumentet "PSA Quality for Applications" (draft February 2005 Rev 5.0) [7], anger attribut för en "bra" PSA. Attributen delas upp i generella, som kan tänkas vara viktiga för en PSA oavsett tillämpning, samt speciella attribut som enbart ska behöva vara uppfyllda för vissa typer av tillämpningar. En beskrivning av arbetet med att utveckla IAEA:s dokument ges i SKI rapporten 2004:38 "IAEA arbete med guider för PSA-kvalitet", September 2004 [8].

I februari 2004 bildades i USA, Nuclear Risk Management Coordinating Committee (NRMCC). NRMCC sponsras av ASME och American Nuclear Society (ANS). Andra medlemmar i NRMCC är Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), NEI, Nuclear Regulatory Commission (NRC), Department of Energy (DOE), Electric Power Research Institute (EPRI), flera kraftbolag och utvalda experter. Gruppen möts regelbundet med en planerad frekvens av 4 ggr per år – lite motsvarande NPSAG.

Syftet med NRMCC är att

- Utredda behovet av ytterligare standarder för stöd vid riskinformerade tillämpningar
- Att använda de mest lämpliga organisationerna vid utvecklingen av nya standarder.
- Att ge direktiv till omfattning av nya standarder så att alla viktiga aspekter hos riskinformerade metoder, beaktas.

Aktuella NRMCC aktiviteter är ASME:s utveckling av en integrerad nivå 1 standard som innehåller alla "ska" krav från ASME:s PRA standard och ANS tre olika standarder (varav en del inte är klara). Vidare stöds ANS utveckling av en integrerad nivå 2 och nivå 3 standard, samt ANS komplettering av dess tre standarder med förklarande material som ska ge vägledning i tillämpningen av de kriterier som slutligt ska hamna i den nya integrerade ASME standarden.

De standarder som har utvecklats eller är under utveckling är:

- Sa-2003: Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications. Standarden publicerades i april 2002 med ett tillägg i december 2003. Tillägget beaktar NRCs kommentarer på den första utgåvan. Ett ytterligare tillägg, vars utgivning är planerad till mitten av 2005 ska beakta erfarenheter från användning av standarden.
- ANSI/ANS-58.21-2003, "External Events PRA Methodology." Godkändes i mars 2003.
- ANS-58.22, "Low Power and Shutdown PRA Methodology." Planerad till 2005.
- ANS-58.23, "Methodology for Fire PRA." Planerad till 2006.

NRC har också gett ut en ny guide på försök "Trial Use Regulatory Guide 1.200, "An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities." Denna gavs ut i februari 2004 och den innehåller ett appendix som anger NRCS syn på ASME:s PRA Standard, och ett appendix som anger NRC:s syn på NEIs granskningsprocess (NEI 00-02). Det ursprungliga syftet med RG-1.200 var att underlätta införandet av godkända konsensusstandarder i en trestegsprocess fram till och med 2008.

NRMCCs framtida arbete har två huvudsyften. 1) integrering av krav allteftersom nya standarder ges ut; 2) fortsätta att använda existerande standarder allteftersom myndigheternas förväntningar förändras.

Några andra nya dokument av intresse ges i referenslistan.

3. Beskrivning av referensdokument

3.1. Översikt

De referensdokument som värderas mot varandra i denna studie är:

- SKIFS/Tillsynshandbok
- ASME PRA Standard
- European Utility Requirements (EUR) 2.17 PSA Methodology

Ursprungligen var även NEI 00-02 [3], en granskningsrutin framtagen av NEI på uppdrag av den amerikanska kraftindustrin, tänkt att ingå i arbetet. Denna rapport är dock mycket sparsam med konkreta krav på PSA, utan förlitar sig till stor del på den enskilde granskarens erfarenhet och kunskap inom sitt specialområde vid bedömning av en PSAs omfattning, fullständighet, och trovärdighet.

Nedan följer korta beskrivningar av de olika övriga referensdokumenten.

3.2. SKIFS/Tillsynshandboken

SKI:s aktuella författningssamling som ger krav på PSA är SKIFS 2004:1[4]. SKIFS 2004:1 kom ut under 2004 och ersatte då SKIFS 1998:1 [9].

SKIFS 2004:1 innehåller inga renodlade PSA-krav. 2004:1 anger sådana aspekter som är relevanta för en sannolikhetsbaserad analys som ett av de verktyg som behövs för att upprätthålla säkra kärnkraftverk och undvika radioaktiva utsläpp. 2004:1 använder ofta begreppen bör och kan istället för skall och måste. Några exempel:

- Varje avvikelse från säkerhetsmål (barriärer och djupförsvar) skall undersökas, klassificeras och rapporteras.
- PSA är ett verktyg som är tillgängligt för sådana analyser.
- Förutom deterministiska analyser, ska en svensk anläggning analyseras med probabilistiska metoder (PSA).
- Exempel på inledande händelser som kan ingå i analysen är rörbrott, transienter, brand, översvämning, jordbävning, igensättning av kylvattenintag, sabotage, bortfall av yttre nät.

Exempel på specifik vägledning gällande PSA som finns i SKIFS 2004:1 är:

- En PSA bör omfatta PSA nivå 1 och nivå 2 för effektdrift, lågeffektdrift (upp och nedgång) och kall avställning inklusive bränslebyte.
- PSA bör användas rutinmässigt för värdering av inträffade händelser och anläggningsändringar.
- Deterministiska krav är grunden för en anläggnings konstruktion. De deterministiska kraven bör verifieras och utvecklas med PSA.

SKIFS 2004:1 ger i sig inga specifika krav på exakt hur en PSA ska genomföras, däremot ställs krav på att probabilistiska metoder ska användas. I de allmänna råden förtydligas att med det avses att en PSA ska genomföras och att den ska innefatta både Nivå 1 och Nivå 2 samt alla olika drifttillstånd.

Utöver SKIFS använder SKI en tillsynshandbok (THB) som stöd i sin tillsyn av PSA-arbetet. En preliminär version av tillsynshandboken gavs ut 1999 [10]. Den användes i utvärderingssyfte i ett antal PSA-granskningar.

Tillsynshandboken omarbetades under 2003 med hänsyn till kommentarer från licenstagarna och erfarenheter från användning av den preliminära versionen och internationell utveckling gällande PSA-tillämpningar och dessas riskinformerade användning. En preliminär version granskades som del av det uppdrag som dokumenteras i denna rapport. Den nya Tillsynshandboken gavs ut våren 2004 [5].

Tillsynshandboken är ingen myndighetsguide, utan ska ses som ett stöd i SKIs verksamhet vid bland annat granskning av PSA. Den innehåller mer strikt vägledning än SKIFS 2004:1 avseende vad en PSA förväntas inkludera, men inte hur detta ska uppnås. Stor vikt läggs även vid formerna för bedrivande av PSA-verksamheten hos tillståndshavarna.

Tillsynshandboken är ett granskningshjälpmedel för myndigheten med fokus på organisation/QA och övergripande kvalitetskrav (integration av analysen, tydlighet, spårbarhet, fullständighet, granskningsbarhet). THB är alltså inte ett hjälpmedel för industrin att designa en PSA med viss "kapacitet", så som ASMES PSA standard..

Handboken anger tre granskningsområden:

- Fullständig PSA-granskning, dvs granskning av en förstagångs PSA eller en omfattande uppdatering eller utökning av en befintlig PSA.
- Granskning av en PSA-tillämpning, dvs granskning av en tillämpning där PSA används som ett analys- eller beslutsverktyg (inklusive riskinformerade aktiviteter).
- PSA-inspektion på anläggningen, med fokus på arbetsrutiner, ledning, kvalitet och organisation.

Tillsynshandboken ger jämfört med SKIFS mer detaljer gällande SKI:s synpunkter på vad en PSA ska omfatta, för att uppnå en trovärdighet i resultat och användning. Tillsynshandboken är uppbyggd på sådant sätt att den för varje avsnitt först beskriver allmänt vad momentet i sig innebär, därefter räknas ett antal frågeställningar, så kallade ”viktiga aspekter” upp som ger vägledning om vilka moment som bör behandlas. Samtliga ”viktiga aspekter” anges utan inbördes prioritering.

Tillsynshandboken innehåller en tillämpningsanvisning, en sammanställning av kravbilderna och beskrivning av SKI:s tillsyn av PSA-verksamhet, PSA-dokument och modeller samt tillämpningar. Innehållet i tillsynshandboken täcker de analysområden som anges i Tabell 1. I kapitel 5 till 7 ges viktiga aspekter i form av frågor. För varje fråga anges om den är applicerbar vid granskning av PSA, vid granskning av PSA-tillämpning och vid inspektion av PSA-verksamhet. De fyra högra kolumnerna i tabellen nedan, anger antalet ”viktiga aspekter” inom avsnitt fördelat på grund-PSA, tillämpningar respektive inspektion av PSA-verksamheten. En del viktiga aspekter gäller för flera olika användningsområden.

Tabell 1: Omfattning av viktiga aspekter i Tillsynshandboken					
Avsnitt	Rubrik	P	T	I	Totalt²
5	Organisatoriska frågor och kvalitetssäkring				
5.1	Kvalitetssäkring	6	2	25	26
5.2	Kompetens	1	1	19	19
5.3	Dokumentation	10	9	0	10
6	Användning av PSA				
6.1	Användare och användningsområden	13	4	0	14
6.2	Presentation och värdering av resultat	20	16	4	24
6.3	Beslutsriterier	4	2	2	4
7	Genomförande av PSA				
7.1	PSA:s omfattning och täckningsgrad	6	(6)	3	7
7.2	Analys av inledande händelser	7	(7)	0	7
7.3	Sekvensanalys	11	(11)	0	11
7.4	Inneslutningsanalys	14	(14)	0	14
7.5	Systemanalys	16	(16)	1	16
7.6	Analys av manuella ingrepp	9	(9)	1	9
7.7	Analys av beroenden	13	(13)	1	13
7.8	Data	9	(9)	2	9
	Summa	139	34	58	183

Observera att antalet ”viktiga aspekter” inom ett område är starkt beroende av formulering. I vissa fall används mer generella formuleringar vilket leder till ett mindre antal, medan det i vissa fall finns mer specifika skrivningar.

En del förenklingar i THB beror på att det finns bra etablerade rutiner inom svensk PSA-verksamhet, och allmänt använda referenser för vissa verksamheter. Exempel är T-boken, I-boken, diverse projekt kring rumshändelser (ger krav på exempelvis

² En del viktiga aspekter gäller för flera olika användningsområden vilket innebär att totala antalet aspekter inte är lika med summan av de tre kolumnerna.

kartläggning av funktionella beroenden), vägledningsdokument för analys och modellering av CCF, yttre händelser, en mycket väl etablerad praxis kring faktisk modellering i felträd och händelseträd (Risk Spectrum, beteckningssystem), m.m.

De delar som i denna studie jämförs med andra kravbilder är Genomförande av PSA, delavsnitt 7.2-7.8, samt avsnitt 6.2 då denna innehåller en del aspekter av intresse vid jämförelse mot ASME standardens område "kvantifiering". Beroende på formulering, så kan en viktig aspekt motsvara av ett flertal attribut inom ett annat område eller hos t ex ASME:s PRA standard.

3.3. European Utility Requirements för PSA

European Utility Requirements (EUR) anger krav på analyser vid uppförande av ny kärnkraftsanläggning [11]. Arbetet med att ta fram EUR startades 1991 gemensamt av flera europeiska kraftbolag. Syftet var att ta fram gemensamma krav för kommande nya generationer av lättvattenreaktorer.

I volym 2 återfinns krav inom 19 delområden där avsnitt 2.17 behandlar krav på PSA-metodik. Den utgåva som utgör underlag i denna rapport är Rev. C, April 2001 [6].

EUR-kraven är mycket tydliga i och med att de anger vad som skall beaktas. Ett exempel på detta är att det redan i kapitlet "Terms of reference" anges att om inte en PSA uppfyller de krav som är angivna med ordet "skall" så ska det tydligt motiveras.

I EUR-kraven anges dessutom vilka probabilistiska mål som ska visas vara uppfyllda, t.ex. $CDF < 1E-5$ per år. En definition på vad som avses med härdskada ges också (2.17.2.2).

EUR:s avsnitt om PSA är utformad mer som en handbok om hur PSA arbetet skall göras med direkta anvisningar på lämpliga metoder etc. Man får intrycket av att en person som inte är särskilt bevandrad i PSA kan utgå från EUR-kraven och därifrån läsa sig till hur olika moment ska genomföras.

Innehållet omfattar delområden enligt tabell nedan:

Tabell 2: Innehåll i EUR 2.17 PSA-Metodik	
Syfte	Stöd vid konstruktion, Verifiering av konstruktion och Stöd vid drift
Omfattning	Radioaktiva källor, Drifttillstånd, Inledande händelser, PSA nivå 1 och 2, Definition av härdskada, Vilka beräkningar som ska genomföras.
Anläggnings-analys	Modellstruktur, inledande händelser, sekvensanalys, systemanalys, Human Reliability Analysis (HRA), beroenden, tillförlitlighetsdata, beräkningar
Inneslutnings-analys	Gruppering av nivå 1 sekvenser, analys av inneslutningssystem, inneslutningsisolering, bypass av inneslutning, termohydrauliska analyser och analys av fenomen, analys av haverisekvenser och definition av källtermer.
Anläggnings-händelser	Brand, översvämning, turbinmissiler, tappad last vid tunga lyft.

Tabell 2: Innehåll i EUR 2.17 PSA-Metodik	
Yttre händelser	Jordbävning, yttre översvämning, extrema temperaturer, extrema vindar, extrem nederbörd, torka, blixtnedslag, störtande flygplan, risker från närbelägna industrier, elektromagnetisk interferens.
Känslighets-, osäkerhets- och betydelseanalys	-
Dokumentation	<p>Det primära syftet med dokumentationen är att den ska möta användarnas krav och vara anpassad till aktuella tillämpningar och användning av PSAn.</p> <p>Resultaten ska sammanfattas och presenteras så att de på ett tydligt sätt förmedlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kvantitativa riskmått - viktiga aspekter hos anläggningens konstruktion och drift - resultatpåverkan från viktiga källor till osäkerhet.

Antalet frågeställningar som täcks av EUR är inte lika tydligt, då den ges i löpande text. EUR:s kravbild på PSA bedöms vara mer specifik men mindre omfattande än vad som ges av Tillsynshandboken.

3.4. ASME PRA Standard

ASME gav ut sin standard för PSA nivå 1 effektdrift (interna händelser och översvämning) och begränsad nivå 2 – Large Early Release Frequency (LERF) i april 2002 [2]. Ett addendum publicerades i december 2003 [12]. Den värdering av Tillsynshandboken som redovisas i denna rapport sker mot den reviderade ASME versionen.

ASME PRA standard är en industristandard med fokus på användning av PSA, och med detaljkrav.

Tanken är att en PSA som uppfyller krav på den högsta nivån i princip ska kunna användas till varje idag tänkbar tillämpning. ASME standardens indelning i olika kapacitet och hur den kan användas indikeras av Tabell 3. Högre kapacitet innebär alltså högre omfattning och detaljnivå, större följsamhet mot faktisk anläggningsutformning och högre realism, dvs mindre konservatism inom olika områden.

Liksom EUR ställer ASME standarden tydligare (explicita) krav än vad SKIFS/Tillsynshandboken gör.

Inom respektive moment ställs ett antal krav upp som ska vara uppfyllda, s.k. ”High Level Requirements” (HLR). Till varje HLR finns sedan ett antal ”Supporting Requirements” (SR) som talar om vad som ska vara uppfyllt för att ett HLR ska vara tillgodosett. (se Tabell 3)

Till varje SR finns sedan 3 olika grader, s.k. ”Capability Categories” (CC) inom områdena 1) omfattning och detaljnivå, 2) följsamhet mot anläggningen och 3) realism. Avsikten med dessa är att man ska kunna erhålla ett mått på studiens realism och därmed även kunna dra slutsats om en studie är lämplig att använda i en given tillämpning eller inte.

Tabell 4 anger den uppdelning på olika PSA-delar som finns i ASME standarden.

ASMEs täckning av olika PSA-områden med antal krav på olika nivåer (exklusive dokumentationskrav) finns sammanställt i Tabell 5. Notera att ett HLR avser dokumentation som alltså återfinns inom varje delområde. I Tillsynshandboken behandlas dokumentation huvudsakligen i ett separat avsnitt.

ASME:s PRA standard ger krav på vad som studien ska innehålla, men inte hur det ska göras. I detta avseende är den lik SKIFS/tillsynshandbok.

Tabell 3: ASME PRA standardens kapacitetsindelning [2].			
Criteria	CC1	CC2	CC3
1) Scope and level of detail	Sufficient to identify relative importance at system or train level including human actions	Sufficient to identify relative importance of dominant contributors at component level including human actions	Sufficient to identify relative importance of contributors at component level including human actions
2) Plant-specificity	Use of generic data/models except for those features that are unique for the plant	Use of plant-specific data/models for dominant contributors	Use of plant-specific data/models for all contributors, where available
3) Realism	Departures from realism will have moderate impact	Departures from realism will have small impact	Departures from realism will have negligible impact

Tabell 4: Uppdelning i PSA beståndsdelar (element)		
PSA-element		Kod
Initiating Events Analysis	Inledande händelseanalys	IE
Accident Sequence Analysis	Sekvensanalys	AS
Success Criteria and Supporting Analysis	Funktionskrav och termohydrauliska analyser	SC
Systems Analysis	Systemanalys	SY
Human Reliability Analysis	Analys av operatörstillförlitlighet	HR
Data Analysis	Feldataanalys	DA
Internal Flooding	Översvämningsanalys	IF
CDF Quantification	Beräkningar	QU
LERF Analysis	Analys av frekvens för stora tidiga utsläpp	LE

”Internal Flooding” hör egentligen till analys av rumshändelser som inte behandlas i övrigt. Anledningen till att detta räknas upp som ett separat PSA element i ASME standarden är inte känd.

Tabell 5: Innehåll och omfattning av tekniska attribut i ASME PRA Standard exklusive dokumentation [2], [12].					
Avsnitt	Rubrik	CC1	CC2	CC3	Totalt
4.5.1	Initiating Events Analysis (IE)	30	10	11	36
4.5.2	Accident Sequence Analysis (AS)	17	2	3	17
4.5.3	Success Criteria (SC)	10	2	1	11
4.5.4	Systems Analysis (SY)	36	4	4	38
4.5.5	Human Reliability Analysis (HR)	31	11	6	33
4.5.6	Data Analysis (DA)	25	11	8	27
4.5.7	Internal Flooding (IF)	25	4	2	26
4.5.8	Quantification (QU)	23	5	2	24
4.5.9	LERF Analysis (LE)	28	16	14	28
	Summa	225	65	51	240

Sammanställningen visar att ett stort antal attribut redovisas inom samtliga delområden. Attributen är oftast väldigt specifika. Man kan notera att grundnivån innehåller större delen av de olika attributen och att antalet tillkommande attribut för kapacitetsnivå 2 och 3 är begränsat.

Standarden ger inga riktlinjer till vilken omfattning en tillämpning ska ha, vad avser modell och analys av olika drifttillstånd, källa till radioaktiva utsläpp och inledande händelser. Standarden i sig är begränsad till PSA nivå 1 för effektdrift och till processhändelser samt översvämning vad gäller behandlade inledande händelser. En bedömning av nödvändig omfattning för en viss tillämpning är nödvändig. Tillsynshandbokens riktlinjer är i detta avseende betydligt mer omfattande.

Ett sätt att använda standarden är att för en viss tillämpning gå igenom alla krav och bedöma vilka krav och vilken kapacitetsnivå som behöver uppnås för den aktuella tillämpningen. Sedan kan den PSA som är avsedd att användas jämföras med den på det viset framtagna kravbilden.

Ett annat användningsområde är att jämföra standardens kravbild mot en PSAs kravbild och beskriva vilka krav och till vilken nivå de är uppfyllda. Denna information kan användas till att planera fortsatt utveckling av den aktuella PSAn.

Man kan också tänka sig att jämföra standardens kravbild mot andra kravbilder i andra dokument. Det är detta som utgör en del av redovisningen i denna rapport som en

jämförelse av Tillsynshandbokens ”viktiga aspekter” mot ASME standardens tekniska attribut.

Standarden utgör också ett referensverk som är användbart vid utbildning, granskning och arbete med PSA, inte minst på grund av dess detaljrikedom med både exempel och kommentarer.

4. Principer för jämförelse av kravbilder

Jämförelse har gjorts avseende svenska och internationella krav och standarder på PSA. De guider och standarder som har ingått i studien är:

- SKIFS 2004:1 (1998:1) [4] och Tillsynshandbok PSA [5]
- EUR Kapitel 2.17 [6]
- ASME RA-S-2002 + 2003 Addenda [2], [12]

Arbetet har genomförts enligt följande principer:

- Genomgång av de aktuella dokumenten.
- Sammanställning i EXCEL-fil av de olika egenskaper som ingår i den ”kravbild” som referenserna ger för en PSA-studie. I excelfilen har varje krav dels märkts med dess avsnitt, och dels med PSA-område, då dessa inte alltid matchar varandra.
- Framtagning av sammanfattande beskrivning av de olika dokumenten.
- Genomgång av samtliga dokument i syfte att identifiera skillnader och likheter.
- Detaljerad genomgång av varje attribut i ASME standarden och jämförelse mot Tillsynshandbokens ”viktiga aspekter”. För varje attribut i ASME standarden har noterats om detta motsvaras av THB:s ”viktiga aspekter” eller ej. Den motsatta jämförelsen har också gjorts, dvs ”Viktiga aspekter” som inte motsvaras av ASME standardens attribut.

Attributen och de viktiga aspekterna har kategoriserats utifrån vilket delområde som de tillhör och sammanställts i en excelfil. De olika områdena följer i huvudsak definition enligt ASME med tillägg av områdena Dokumentation och övrigt enligt Tabell 6:

Tabell 6: Benämningar på analys och kravområden		
Beteckning	ASME	Denna rapport
IE	Initiating Event Analysis	Analys av inledande händelser
AS	Accident Sequence Analysis	Sekvensanalys
SC	Success Criteria	Funktionskrav
SY	Systems Analysis	Systemanalys
HR	Human Reliability Analysis	Analys av mänsklig växelverkan
DA	Data Analysis	Data analys
IF	Internal Flooding	<i>Rumshändelser</i>
QU	Quantification	Beräkningar
LE	LERF Analysis	Nivå 2
Dok	Ingår ej som egen kategori	Dokumentation
Ö	Ingår ej som egen kategori	Övrigt

Med kategorin IF avses i denna jämförelse rumshändelser, d.v.s. både brand och översvämning.

Varje egenskap har dels ansatts det område som referensen använder och dels angetts område enligt ovan. Den EXCEL-databas som skapats med de olika referenserna som underlag har på det sättet kunnat sorteras på ett sätt som stöder jämförelsen och värderingen.

Genomgången har för varje attribut noterat i den mån som detta motsvaras av Tillsynshandbokens ”viktiga aspekter”. I ASME standarden finns tre olika så kallade Capability Categories för omfattning och detaljnivå, anläggningsföljsamhet och realism, som kan förväntas på PSA i olika tillämpningar. Genom att uppfylla kategori 1 så har man en bra grund-PSA. Genom att uppfylla kategori 3, så har man en fullfjädrad PSA som ska kunna användas i de mest krävande och avancerade tillämpningarna.

5. Beskrivande jämförelse av SKIFS/Tillsynshandbok mot ASME och EUR

5.1. Översikt

Den beskrivande jämförelsen nedan koncentreras på följande delområden:

- Inledande händelser
- Sekvensanalys
- Funktionskrav

- Systemanalys
- Analys av mänsklig växelverkan
- Dataanalys
- Rumshändelser
- Kvantifiering
- Dokumentation

Därutöver en del övrigt under separat rubrik.

De olika dokumentens täckningsgrad inom olika områden framgår av Tabell 7.

Tabell 7: Delområden i olika dokument			
Område	ASME	EUR	Tillsynshandbok
IE	Initiating Event Analysis	Selection of initiating events	7.1 Omfattning och täckningsgrad 7.2 Inledande händelser
AS	Accident Sequence Analysis	Event tree construction	7.3 Sekvensanalys
SC	Success Criteria	Success criteria	7.3 Sekvensanalys
SY	Systems Analysis	System modelling	7.5 Systemanalys
	Ingår ej explicit. Hanteras inom resp avsnitt.	Treatment of dependencies	7.7 Analys av beroenden
HR	Human Reliability Analysis	Human Reliability Analysis	7.6 Analys av manuella ingrepp
DA	Data Analysis	Reliability data	7.8 Data analys
IF	Internal Flooding	Internal hazards	Ingår ej explicit. Delvis i beroenden. Täcks även generellt in av IH-avsnittet.
	Ingår ej	External hazards	Ingår ej i THB (separat handbok finns, som SKI står bakom)
QU	Quantification	Accident sequence quantification och Uncertainty, sensitivity and importance analysis	6.2 Resultatpresentation
LE	LERF Analysis	Containment analysis	7.4 Inneslutningsanalys
Dok	Ingår ej som egen kategori	Documentation of the study	5.3 Dokumentation

Tillsynshandboken innehåller dessutom flera tunga avsnitt om organisatoriska frågor och kvalitetssäkring i kapitel 5, och användning av PSA i kapitel 6.

Inledande händelser täcks under motsvarande rubriker i de olika dokumenten.

ASME standarden ger många detaljerade exempel på aktiviteter som ökar detaljnivå och realism i analysen av inledande händelser. EUR:s kravdokument är relativt kortfattat inom detta område.

Tillsynshandbokens avsnitt om sekvensanalys omfattar även funktionskrav som har separata avsnitt i både ASME standarden och EUR:s PSA krav. Några exempel på sådant som finns i ASME standarden men saknas eller inte uttrycks explicit i tillsynshandboken är:

- Används en metod att på ett korrekt sätt hantera transfers mellan händelsetråd, som bevarar den sekvensspecifika vid övergången till transfererat träd?
- Beaktas på ett korrekt sätt sekvensspecifika tidsberoenden (samspel mellan felträds- och händelsetradsmodell.
- Finns en minsta analystid angiven, t ex 24 timmar?

Några exempel från EUR kraven är:

- Beaktas inneslutningssystemen i sekvensanalysen?
- Används samma program för både analys av funktionskrav och analys av svåra haverier (nivå 2)?
- Värderas olika analysantaganden, t ex konservatismers påverkan på resultatbilden, på ett sådant sätt att viktiga insikter göms?

Success Criteria – Funktionskrav utgör i ASME standarden ett eget huvudområde, medan det både THB och EUR:s PSA krav är en del av sekvensanalys, i EUR med egen underrubrik.

I ASME standarden ingår beroenden som del av systemanalysen medan det både i EUR:s kravdokument och THB har separata avsnitt. Några noteringar gällande systemanalys följer nedan:

- ASME standarden ger en tydlig bild av tänkbart underlag som ska användas i systemanalysen
- ASME standarden visar på möjlighet att använda olika urvalskriterier för att sortera bort felmoder som inte kommer att ge signifikanta bidrag. Detta täcks i EUR och THB av FMEA.
- ASME standarden anger krav på systemmodeller för system och systems hjälpsystem som behövs till funktionerna som identifierats i sekvensanalysen och motivation till användning av enkla modeller, t ex ett system representeras av en bashändelse.
- En specifik detalj som anges i EUR:s kravdokument är om analysen genomförs på ett sätt så att dubbelräkning av t ex underhållsotillgänglighet undviks.
- EUR:s kravdokument och THB har med specifikt krav på Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) eller liknande för att säkerställa ett systematiskt angreppssätt att identifiera bashändelser.

- EUR:s kravdokument och THB uttrycker explicit att modellen ska byggas upp på logiskt och granskningsbart sätt.
- EUR:s kravdokument uttrycker specifikt att man vid sekvenser som tar längre tid än 24 timmar kan beakta reparation.

Gällande analys av manuella ingrepp, så finns i ASME standarden och EUR:s kravdokument en tydlig uppdelning på vilka ingrepp som ska ingå i analysen. Detta är inte lika tydligt i THB. Samtliga dokument anger att en systematisk analys av mänskliga ingrepp ska ingå i PSA där analysdelarna identifiera, urval, detaljerad analys, värdering framgår, men dock tydligare uttryckt i EUR:s kravdokument och i ASME standarden . Några noteringar gällande analys av manuella ingrepp:

- ASME standarden anger tydliga krav på screening och hantering av beroenden mellan olika ingrepp.
- EUR:s kravdokument anger relativt övergripande vad analysen av manuella ingrepp ska omfatta och beakta.
- THB ger mer generella krav (aspekter) som gäller användning av metoder och procedurer som ska leda till en trovärdig identifiering, urvalsprocess, detaljanalys, tolkning och dokumentation av viktiga operatörsingrepp medan både EUR:s kravdokument och ASME standarden ger detaljerade mer mätbara krav. För att kunna bedöma om THB:s ”viktiga aspekter” är uppfyllda, så krävs ytterligare frågeställningar.
- EUR:s kravdokument kräver explicit minsta omfattning av analysen, t ex att analysen ska inkludera en känslighetsanalys och speciellt nämns att probabilistiska mål ska uppnås även utan att kreditera ingrepp inom 30 minuter (30-minutersregeln). Den typen av krav är rimligt i en ”standard” som gäller nya anläggningar.

Inom området dataanalys kan följande noteras:

- ASME standarden anger tydligt krav på överensstämmelse mellan komponentavgränsningar för modellering och de som används för insamling och analys av feldata.
- ASME standarden ger flera krav relaterade till datainsamling och databearbetning, t ex gruppering av komponenter på ett relevant sätt map bestämning av parametrar (ASME ger exempel på kriterier av betydelse), tidsperiod för insamling av anläggningsspecifika data, motivering av urvalet, klassificering av fel etc.
- I EUR:s kravdokument finns inget tillkommande utöver tillsynshandboken.

Rumshändelser ingår inte specifikt i THB, men berörs indirekt på flera håll. Det finns under rubriken systemanalysen en ”viktig aspekt” gällande tillräckligt detaljerad kartläggning och modellering av rumsberoenden för att möjliggöra en värdering av inverkan från viktiga rumshändelser och identifiering av Common Cause Initiators (CCI). THB har även med rumshändelser som exempel på olika typer av inledande händelser. Avsnittet om beroenden nämner betydelsen av att beroenden kopplade till rumshändelser analyseras i tillräcklig detalj.

ASME standarden har ett separat avsnitt om inre översvämning med en detaljerad lista över krav som ställs på en sådan analys. Detta är ett udda inslag i ASME.

EUR:s kravdokument har dels krav på att identifiera interna risker (inledande

händelser), och dels ges för ett antal specificerade sådana händelser en begränsad vägledning. Denna är dock mycket begränsad jämfört med ASME standarden.

I THB redovisas resultatpresentation och värdering av resultat i ett separat avsnitt 6.2 som räknar upp 12 viktiga aspekter.

I ASME standarden ingår ett separat kravavsnitt om kvantifiering med sammanlagt 26 attribut fördelade på 6 delområden. Det finns dock inget explicit om resultatpresentation och värdering av resultat.

EUR:s kravdokument innehåller dels ett avsnitt om kvantifiering, och dels ett avsnitt om osäkerhet, känslighets- och betydelseanalys. I EUR:s kravdokument finns även några aspekter gällande resultatpresentation med som en del av avsnittet om dokumentation.

Innehållet i EUR:s kravdokument kan anses vara täckt av THB.

ASME standarden beskriver separata attribut gällande kvantifiering. Exempel på frågeställningar som specifikt omnämns i ASME standarden är:

- Beaktas beroenden (sekvensspecifika såväl inom händelsetråd som vid transfer mellan olika händelsetråd) på ett adekvat sätt vid beräkningar med PSA-modellen?
- Identifieras och beaktas verktygets begränsningar som kan påverka resultat och resultattolkning?
- Används cutoff kriterier på ett sätt så att viktiga resultat (beroenden) ej blir dolda?
- Beaktas "success" (både logiskt och kvantitativt) då detta behövs för att resultera i en realistisk beräkning av CDF/LERF?
- Hanteras ömsesidigt uteslutande händelser på ett korrekt sätt?
- Redovisas resultatens osäkerhet pga osäkerheter i feldataparametrar?

Inneslutningsanalys finns i samtliga tre dokument. I ASME standarden är inriktningen på Large Early Release Frequency (LERF) medan EUR:s kravdokument och THB mer ser på inneslutningsanalys som en PSA nivå 2 aktivitet.

De dokumentationskrav som ASME standarden ger inom respektive PSA-område utgör i princip en checklista att dokumentera allt som angetts som viktigt inom området enligt övriga attribut.

EUR:s kravdokument ger mer generella dokumentationskrav, t ex spårbarhet och förståelse samt att dokumentationen ska vara anpassad till målgruppen.

Den mer generella beskrivning som uttrycks av THBs viktiga aspekter kan anses täcka in dokumentationskrav enligt ASME standarden.

ASME standarden i sig är begränsad till PSA nivå 1 effektdrift och interna inledande händelser + översvämning medan THB omfattar samtliga IH och drifttillstånd.

ASME standarden anger under Success Criteria en definition av härdskadetillstånd som ska användas och att annan definition ska motiveras. Även EUR:s kravdokument anger definition av härdskada. I THB berörs detta av flera "viktiga aspekter": 7.3-8, -9, -10 och -11.

ASME standarden hanterar inte beroenden som en egen aktivitet. Detta ingår i AS, SY, HR, etc. I EUR:s kravdokument finns eget avsnitt, men i praktiken sker hantering av beroenden i respektive andra avsnitt. I THB utgör analys av beroenden ett eget avsnitt.

6. Jämförelse av SKIFS/tillsynshandbok gentemot ASME standarden

Jämförelsen redovisas i två steg, dels på hög nivå (high level requirements), och dels på stödnivå (supporting requirements).

I Tabell 8 ges en översikt av täckningsgraden hos hög nivå krav enligt ASME standarden gentemot tillsynshandbokens ”viktiga aspekter”. Observera att ASME standardens högnivåkrav på dokumentation avsiktligt har utelämnats. I ASME standarden finns för varje område ett krav på hög nivå gällande dokumentation medan THB samlar ”viktiga aspekter” gällande dokumentation på ett ställe.

Tabell 8: Täckningsgrad beträffande ASME standardens högnivåkrav		
Område	ASME standardens högnivåkrav	Tillsynshandbokens täckning
IE	A: The initiating event analysis shall provide a reasonably complete identification of initiating events.	Fullständig täckning. Avsnitt 7.2 beskriver de övergripande momenten i analys av inledande händelser.
	B: The initiating event analysis shall group the initiating events so that events in the same group have similar mitigation requirements to facilitate an efficient but realistic estimation of CDF.	
	C: The initiating event analysis shall estimate the annual frequency of each initiating event or initiating event group.	C täcks av avsnitt 7.8 om dataanalys
AS	A: The accident sequence analysis shall describe the plant-specific scenarios that can lead to core damage following each initiating event or initiating event category. These scenarios shall address system responses and operator actions, including recovery actions, that support the key safety functions necessary to prevent core damage.	Fullständig täckning. A täcks av avsnitt 7.3 och B täcks av avsnitt 7.7 om beroenden.
	B: Dependencies that can impact the ability of the mitigating systems to operate and function shall be addressed.	
SC	A: The overall success criteria for the PRA and the system, structure, component and human action success criteria used in the PRA shall be defined and referenced, and shall be consistent with the features, procedures, and operating philosophy of the plant.	Fullständig täckning. Avsnitt 7.3 täcker både A och B.
	B: The thermal/hydraulic, structural and other supporting engineering bases shall be capable of providing success criteria and event timing sufficient for quantification of CDF and LERF, determination of the relative impact of success criteria on SSC and human action importance, and the impact of uncertainty on this determination.	
SY	A: The systems analysis shall provide a reasonably complete treatment of the causes of system failure and unavailability modes represented in the initiating events analysis and sequence definition.	Fullständig täckning. A täcks av avsnitt 7.5 och B täcks av avsnitt 7.7 om beroenden.
	B: The systems analysis shall provide a reasonably complete treatment of common cause failures and intersystem and intra-system dependencies.	

Tabell 8: Täckningsgrad beträffande ASME standardens högnivåkrav		
Område	ASME standardens högnivåkrav	Tillsynshandbokens täckning
HR	A: A systematic process shall be used to identify those specific routine activities which, if not completed correctly, may impact the availability of equipment necessary to perform system function modeling in the PRA.	Täcks av avsnitt 7.6-1.
	B: Screening of activities that need not be addressed explicitly in the model shall be based on an assessment of how plant-specific operational practices limit the likelihood of errors in such activities.	Täcks av avsnitt 7.6-1.
	C: For each activity that is not screened, an appropriate human failure event (HFE) shall be defined to characterize the impact of the failure as an unavailability of a component, system, or function modeled in the PRA.	Täcks av avsnitt 7.6-3.
	D: The assessment of the probabilities of the pre-initiator human failure events shall be performed by using a systematic process that addresses the plant-specific and activity-specific influences on human performance	Täcks av avsnitt 7.6-7.
	E: A systematic review of the relevant procedures shall be used to identify the set of operator responses required for each of the accident sequences	Täcks av avsnitt 7.6-1.
	F: Human failure events shall be defined that represent the impact of not properly performing the required responses, consistent with the structure and level of detail of the accident sequences.	Täcks av avsnitt 7.6-3.
	G: The assessment of the probabilities of the post-initiator HFEs shall be performed using a well defined and self-consistent process that addresses the plant-specific and scenario-specific influences on human performance, and addresses potential dependencies between human failure events in the same accident sequence.	Täcks av avsnitt 7.6-7.
	H: Recovery actions (at the cutset or scenario level) shall be modeled only if it has been demonstrated that the action is plausible and feasible for those scenarios to which they are applied. Estimates of probabilities of failure shall address dependency on prior human failures in the scenario	Täcks av avsnitt 7.6-7.
DA	A: Each parameter shall be clearly defined in terms of the logic model, basic event boundary, and the model used to evaluate event probability.	Täcks ej explicit.
	B: Grouping components into a homogeneous population for the purposes of parameter estimation shall consider both the design, environmental, and service conditions of the components in the as-built and as-operated plant.	Täcks ej explicit.
	C: Generic parameter estimates shall be chosen and plant-specific data shall be collected consistent with the parameter definitions of HLR A and the grouping rationale of HLR B.	Ett flertal viktiga aspekter 7.8-2—7 täcker in detta högnivåkrav.

Tabell 8: Täckningsgrad beträffande ASME standardens högnivåkrav		
Område	ASME standardens högnivåkrav	Tillsynshandbokens täckning
	D: The parameter estimates shall be based on relevant generic industry or plant specific evidence. Where feasible, generic and plant specific evidence shall be integrated using acceptable methods to obtain plant specific parameter estimates. Each parameter estimate shall be accompanied by a characterization of the uncertainty.	Ett flertal viktiga aspekter 7.8-2—8 täcker in detta högnivåkrav.
FL	A: Different flood areas of the plant and the SSCs located within the areas shall be identified	Rumshändelser har inget eget avsnitt i THB. THB behandlar beroenden separat och där finns vissa kopplingar till översvämningsanalys. Vissa delområden täcks också av kvantifiering.
	B: The potential flood sources in the plant and their associated flooding mechanisms shall be identified.	
	C: The potential flooding scenarios shall be developed for each flood source by identifying the propagation path(s) of the water and the affected SSCs.	
	D: Flooding-induced initiating events shall be identified and their frequencies estimated.	
	E: Flood-induced accident sequences shall be quantified.	
QU	A: The level 1 quantification shall quantify core damage frequency.	THB har ett avsnitt om resultatpresentation och värdering av resultat som innehåller en hel del viktiga aspekter som motsvarar QU.
	B: The quantification shall use appropriate models and codes, and shall account for method-specific limitations and features.	
	C: Model quantification shall determine that all identified dependencies are addressed appropriately.	
	D: The quantification results shall be reviewed and important contributors to CDF, such as initiating events, accident sequences, equipment failures and operator errors, shall be identified. The results shall be traceable to the inputs and assumptions made in the PRA.	
	E: Uncertainties in the PRA results shall be characterized. Sources of model uncertainty and key assumptions shall be identified, and their potential impact on the results understood.	
LE	A: Core damage sequences shall be grouped into plant damage states based on their accident progression attributes	Detta område täcks i huvudsak av avsnitt 7.4 om inneslutningsanalys.
	B: The accident progression analyses shall include an evaluation of the credible contributors (e g phenomena, equipment failures, and human actions) to a large early release.	
	C: The accident progression analyses shall include identification of those sequences that would result in a large early release	
	D: The accident progression analyses shall include an evaluation of the containment structural capability for those containment challenges that would result in a large early release.	

Tabell 8: Täckningsgrad beträffande ASME standardens högnivåkrav		
Område	ASME standardens högnivåkrav	Tillsynshandbokens täckning
	E: The frequency of different containment failure modes leading to a large early release shall be quantified and aggregated.	
	F: The quantification results shall be reviewed and significant contributors to LERF, such as plant damage states, containment challenges and failure modes shall be identified . Sources of uncertainty shall be identified and their impact characterized.	

Sammanfattningsvis kan det konstateras att ASME standardens högnivåkrav i princip täcks av tillsynshandboken. Principen i ASME standarden är dock att stödkraven under varje högnivåkrav ska avgöra huruvida en viss kapacitet hos högnivåkraven uppnås eller ej.

ASME standardens sekvensanalys och analys av funktionskrav täcks med undantag av beroenden av THBs avsnitt om sekvensanalys.

Systemanalys täcks av THBs avsnitt om systemanalys med undantag av beroenden.

För såväl sekvensanalys som systemanalys gäller att hantering av beroenden täcks av THBs avsnitt om beroenden.

Inom analys av operatörsingrepp finns i ASME standarden en uppdelning på ingrepp före en inledande händelse, ingrepp under en inledande händelser och recovery. I princip samma högnivåkrav upprepas för de två första typerna av ingrepp. THBs avsnitt om analys av operatörsingrepp täcker det mesta, men för recovery får man gå till avsnittet om sekvensanalys.

ASME standardens två första delkrav A och B gällande dataanalys täcks inte av THB, åtminstone inte explicit. Delkrav C och D kan anses täckta av ett flertal av THBs viktiga aspekter. En anledning till den mindre täckningen inom detta område kan sökas i tillgången till T-boken, som i Sverige bidrar med de flesta data som behövs i PSA-arbetet.

Översvämningsanalys täcks inte av THB, även om det finns en del viktiga aspekter gällande beroenden, som har kopplingar till översvämningsanalys.

Översvämningsanalys är dock ett udda inslag i ASME.

Tillsynshandboken innehåller inget speciellt avsnitt om kvantifiering. Däremot finns ett avsnitt om resultatpresentation och värdering av resultat som innehåller en del viktiga aspekter inom området.

Då THB i princip innehåller samtliga högnivåkrav, så skulle man av detta kunna sluta sig till att en PSA studie som matchar THBs viktiga aspekter även matchar ASMEs kapacitetsnivå 1 (syfte med THB var inte att ha samma omfattning och detaljnivå som ASME standarden). Det krävs också en mer detaljerad jämförelse för att kunna uttala sig om hur pass väl en THB PSA möter de tre nivåerna av detaljnivå, realism och anläggningsföljsamhet som anges av ASME standarden.

Generellt är ASME standarden mer detaljerat beskriven, inte minst på stödkraven (se nedan).

En detaljerad genomgång av stödkraven redovisas i Tabell 9. Kolumn ett anger analysområde och högnivåkrav, kolumn två till fyra anger för varje kravnivå hur THBs viktiga aspekter täcker dessa, t ex för IE-A så täcker THBs viktiga aspekter 3 av de 6 av ASME standardens krav för nivå 1. Notera att antalet krav inom varje kapacitet beräknats på följande sätt:

För CC1 ingår alla krav som ger CC1 och CC2 men inte de fall där det uttryckligen anges att det inte finns ett krav på nivå 1.

För CC2 ingår dels de krav som är explicita för CC2 men också de krav som är gemensamma för CC2 och CC3.

För CC3 ingår de krav som är explicita för CC3.

Detta innebär att följsamhet mot CC1 för vissa krav även innebär att CC2 kan vara uppfyllt och på motsvarande sätt för CC2 kan CC3 vara uppfyllt.

För att uppnå t ex CC2 måste dock samtliga CC1 och CC2 krav vara uppfyllda. En tabell i bilaga 2 redovisar samtliga krav i ASME standarden med fördelning på olika kapacitet (För textbeskrivning hänvisas till standarden).

Tabell 9: THBs täckningsgrad beträffande ASME standardens stödkrav				
Område	THB/ASME PRA			Kommentar
	CC1	CC2	CC3	
IE-A	3/6	2/5	1/2	Identifieringsfasen relativt väl täckt. De krav som inte täcks explicit av tillsynshandboken är detaljer, som ändå kan tänkas ingå i PSA-genomförandet.
IE-B	4/4	0/0	0/1	Gruppering av inledande händelser täcks väl på kapacitetsnivå 1. På nivå 3 är det mycket nära 1, men det saknas explicita krav.
IE-C	1/10	0/1	0/4	Framtagning av frekvenser för inledande händelser är ett mindre väl intäckt område. Där man inte ens täcker in grundnivån. IH data (I-boken) tas i stor utsträckning fram gemensamt vilket kan vara en förklaring.
IE	8/20	2/6	1/7	
AS-A	6/11	0/2	0/3	Sekvensanalysens beskrivning av haveriscenariot täcks relativt väl på nivå 1, men inte alls på nivå 2 och 3.
AS-B	2/6	0/0	0/0	Sekvensanalysens hantering av beroenden täcks explicit till 30%.
AS	8/17	0/2	0/3	
SC-A	3/6	0/0	0/0	Definition av funktionskrav täckt till ca 50%.
SC-B	0/4	1 / 2	1/1	Vad gäller funktionskravens stöd från termohydrauliska och andra ingenjörsmässiga analyser, är det lägre täckning på nivå 1, men något överraskande högre täckning på nivå 2 och 3.
SC	3/10	1 / 2	1/1	
SY-A	7/21	0/1	0/2/	Systemanalyser täcks till ca 30% på nivå 1 men inte alls på nivå 2 och 3.
SY-B	6/15	0/3	1/2	Beroenden täcks till knappt 50% på nivå 1.
SY	13/36	0/4	1/4	
HR-A	0/3	0/0	0/0	På stödkravnivån täcks identifiering av ingrepp före en inledande händelse inte alls.
HR-B	0/2	0/1	0/0	Urvalskrav för ingrepp före inledande händelse täcks ej.
HR-C	1/3	0/1	0/0	Modellering täcks marginellt

Tabell 9: THBs täckningsgrad beträffande ASME standardens stödkrav				
Område	THB/ASME PRA			Kommentar
	CC1	CC2	CC3	
HR-D	3/6	0/2	0/1	Ansättning av sannolikheter täcks till 50% på nivå 1.
HR-E	1/3	0/2	0/0	Krav för identifiering av ingrepp efter inledande händelse täcks till 30% på nivå 1.
HR-F	0/2	0/1	0/1	Modellering av ingrepp efter inledande händelser täcks ej.
HR-G	1/9	0/4	0/3	Kvantifiering av ingrepp efter inledande händelser täcks marginellt.
HR-H	1/3	0/0	0/1	Hantering av recovery ingrepp täcks marginellt
HR	7/31	0/11	0/6	
DA-A	0/3	0/0	0/0	Generellt för data är att detta område i princip inte täcks av THBs viktiga aspekter som motsvarar de olika explicita krav som ges i ASME.
DA-B	0/2	0/1	0/2	
DA-C	1/15	0/4	0/2	
DA-D	0/7	0/6	0/5	
DA	1/27	0/11	0/9	
IF-A	0/4	0/0	0/0	Ingår ej i THB
IF-B	0/4	0/0	0/0	
IF-C	0/6	0/1	0/1	
IF-D	0/5	0/3	0/1	
IF-E	0/7	0/0	0/0	
IF	0/26	0/4	0/2	
QU-A	0/4	0/1	0/1	Att härskadefrekvensen ska beräknas uttrycks ej explicit i THB.
QU-B	2/9	0/0	0/0	Användning av lämpliga modeller och beräkningsprogram har en svag täckning i THB.
QU-C	1/3	0/0	0/0	Hantering av beroenden täcks i princip av THB avsnitt 7.7, men explicit endast för ett av de 3 nivå 1 kraven.
QU-D	1/5	0/2	0/0	Knapp explicit täckning av ASME kraven avseende granskning av resultat och identifiering av viktiga bidrag till härskadefrekvensen.
QU-E	4/4	0/2	0/2	Osäkerheter kan på nivå 1 anses vara täckt av THB.
QU	8/25	0/5	0/3	
LE-A	0/5	0/0	0/0	Attribut för gruppering av härskadesevenser finns ej specifikt med i THB.
LE-B	2/2	0/2	0/2	Värdering av möjliga bidrag till tidiga utsläpp täcks av THB på nivå 1, men inte nivå 2 och 3.
LE-C	1/10	0/6	0/4	Specifika attribut gällande identifiering av sevenser som kan ge tidiga utsläpp täcks ej av THBs viktiga aspekter.
LE-D	0/6	0/6	0/5	Specifika attribut gällande analys av olika inneslutningsfelmoder täcks ej av THBs viktiga aspekter.
LE-E	1/3	0/1	0/1	THB innehåller mycket begränsat med viktiga aspekter som specifikt berör beräkning av frekvensen för sevenser med inneslutningsfelmoder som leder till tidiga utsläpp
LE-F	0/2	0/1	0/2	Knapp explicit täckning av ASME kraven avseende granskning av resultat och identifiering av viktiga bidrag till härskadefrekvensen. Detta område är jämförbart med QU-D.
LE	4/28	0/16	0/13	
Totalt	51/193	3/50	3/39	

Man kan inte utgående från direkt jämförelse av kravbild i ASME och viktiga aspekter hos THB utläsa den ASME kapacitet som nås av en PSA som uppfyller THBs viktiga aspekter. Resultatet kan tolkas som att det är mindre troligt att nå kapacitet 2 och 3, då det är mycket få av nivå 2 och 3 attribut som explicit beskrivs av THBs viktiga aspekter.

De områden med viktiga aspekter i THB som uppvisar högst explicit följsamhet på kapacitetsnivå 1 är:

- Inledande händelser förutom det som gäller framtagning av frekvenser, dvs data på inledande händelser.
- Sekvensanalys inklusive analys av funktionskrav, samt
- Systemanalys

De områden som har mindre explicit följsamhet är:

- Analys av operatörsingrepp
- Data analys
- Kvantifiering samt
- Inneslutningsanalys (nivå 2)

I bedömningen räknas översvämningsanalys bort då den inte ingår i THB.

På kapacitetsnivå 2 och 3 är det generellt lägre följsamhet. Det kan dock observeras att antalet tillkommande ASME_krav som finns på nivå 2 och 3 är begränsat.

Jämförelsen har också identifierat ett antal viktiga aspekter hos THB som ej täcks av ASME standarden. En sammanställning av dessa återfinns i Tabell 10 nedan.

Tabell 10: Viktiga aspekter hos THB som ej täcks av ASME standarden		
Rubrik		Kommentar
Inledande händelse analys	7.2-2 7.2-8	7.2-2 är en generell fråga som kan tänkas vara täckt av ASME. 7.2-8 är en specifik frågeställning som skulle kunna tänkas som ett komplement till ASME.
Sekvensanalys	7.3-8 7.3-11 7.3-12	I ASME täcks detta av sekvensanalys och analys av funktionskrav. 7.3-8 och 7.3-12 är generella viktiga aspekter, t ex 12 – ”Har växelverkan med andra analysmoment planerats i tillräcklig detalj?” 7.3-11 är en specifik frågeställning som inte explicit uttrycks i ASME.
Inneslutningsanalys	7.4-2 7.4-4 7.4-7-15	7.4-2 är en specifik fråga gällande användning av händelseträdet. 7.4-4 generell fråga som liksom 7, 8, 9, 10, 11 och 12. 13 avser känslighetsanalys, vilken skulle kunna anses täckt av kvantifieringsavsnittet i ASME. 14 och 15 är mer specifika frågeställningar.
Systemanalys	7.5-3 7.5-5-6 7.5-8 7.5-11 7.5-13	3 avser specifik frågeställning om koppling till SAR. 5 avser användning av anläggnings-specifika drifterfarenheter, 6 avser användning av t ex FMEA som stöd i arbetet vilket ej täcks av ASME. 11 och 13 avser granskningsbarhet genom välstrukturerad analys och modell.
Analys av manuella ingrepp	7.6-5-6 7.6.8	Samtliga är generella frågeställningar som syftar till att ge en väldokumenterad och spårbar analys, och egentligen inga tekniska egenskaper.
Analys av beroenden	7.7-1 7.7-3 7.7-9	Samtliga är generella frågeställningar som syftar till att ge en väldokumenterad och spårbar analys, och egentligen inga tekniska egenskaper.
Analys av erfarenhetsdata	7.8-9	Denna viktiga aspekt täcks dock av ASMES dokumentationskrav.

Det finns alltså ett visst utrymme för att med hjälp av THB ytterligare öka täckningsgraden hos ASMES PRA standard.

7. Diskussioner och slutsatser

En grundlig genomgång har gjorts av de viktiga aspekter som redovisas i SKIs tillsynshandbok. Motsvarande genomgång har gjorts beträffande ASME PRA standard och EUR krav på PSA. Genomgången har dokumenterats i en EXCEL fil som möjliggör jämförelse av de olika dokumentens krav och förväntningar på PSA. De olika kapacitetsnivåerna i ASME standarden har färgkodats så att det ska vara enkelt att se vilka krav som gäller för olika kapacitetsnivåer (Capability categories).

SKIFS och Tillsynshandbok är bland annat till för att bedöma en PSA ur SKIs synpunkt. SKIs förväntningar uttrycks genom att räkna upp ett antal viktiga aspekter vid bedömning av en PSA. THB täcker även in viktiga aspekter hos PSA verksamheten.

Antalet specifika krav som kan identifieras i ASME standarden är relativt stort och betydligt fler än de som uttrycks i THB och EUR. THBs viktiga aspekter är något fler

än motsvarande krav i EUR. Dock, generella krav har en större täckning och ett stort antal specifika krav som de som finns i ASME standarden ger inte med nödvändighet en bättre slutprodukt vid dess användning. Mer generella krav ställer dock större krav på användarens egen kompetens vid t ex granskning av en PSA-studie eller vid planering av en studie utgående från de viktiga aspekter som redovisas i THB. ASME standarden ger då en mängd kompletterande insikter som kan öka träffsäkerheten och följsamheten mot även THBs ”viktiga aspekter”. På det sättet utgör ASME standarden ett bra referensdokument att ha tillgängligt i samband med granskning/planering av PSA-arbete och för utbildning. Sådan användning stöds av de exempel och kommentarer som finns i dokumentet.

ASME standarden innehåller krav på tre olika nivåer ”Capability Categories” som indikerar olika avancerade tillämpningar. ASME standarden ska kunna användas till att bedöma vilken kategori en viss PSA tillhör, alternativt vara till stöd att definiera en PSA som ska kunna användas i de tillämpningar som hör ihop med en viss kategori. Flertalet krav är på lägsta nivån och genom att uppfylla dessa, så har man kommit mycket långt. Antalet specifika krav för att nå kapacitetsnivå 1, 2 och 3 är totalt 225, 65 respektive 51. Många av de attribut som anges för nivå 2 och 3 ger en större säkerhet i att resultatet är rätt, men kommer inte med nödvändighet att ändra på resultatet. Det får anses viktigt att bedöma hur det slår på en tillämpning om ett attribut inte uppfylls.

Jämförelsen av THBs viktiga aspekter mot ASME standardens kravbild har gjorts på både hög nivå och låg nivå. Kraven på hög nivå kan i princip anses täckta av tillsynshandbokens viktiga aspekter.

Då THB i princip innehåller samtliga högnivåkrav, så skulle man av detta kunna sluta sig till att en PSA studie som matchar THBs viktiga aspekter även matchar ASME standardens kapacitetsnivå 1 (syfte med THB var inte att ha samma omfattning och detaljnivå som ASME). Det krävs också en mer detaljerad jämförelse för att kunna uttala sig om hur pass väl en THB PSA möter de tre nivåerna av detaljnivå, realism och anläggningsföljsamhet som anges av ASME standarden.

Man kan inte utgående från direkt jämförelse av kravbild i ASME och viktiga aspekter hos THB utläsa den ASME kapacitet som nås av en PSA som uppfyller THBs viktiga aspekter. Resultatet kan tolkas som att det är mindre troligt att nå kapacitet 2 och 3, då det är mycket få av nivå 2 och 3 attribut som explicit beskrivs av THBs viktiga aspekter.

De områden med viktiga aspekter i THB som uppvisar högst explicit följsamhet på kapacitetsnivå 1 är:

- Inledande händelser förutom det som gäller framtagning av frekvenser, dvs data på inledande händelser.
- Sekvensanalys inklusive analys av funktionskrav, samt
- Systemanalys

De områden som har mindre explicit följsamhet är:

- Analys av operatörsingrepp
- Data analys
- Kvantifiering samt
- Inneslutningsanalys (nivå 2)

På kapacitetsnivå 2 och 3 är det generellt lägre följsamhet. Det kan dock observeras att antalet tillkommande ASME_krav som finns på nivå 2 och 3 är begränsat.

Jämförelsen har också identifierat ett antal viktiga aspekter hos THB som ej täcks av ASME, trots att de ligger inom ASME standardens scope. Det finns alltså ett visst utrymme för att med hjälp av THB ytterligare öka täckningsgraden hos ASME:s PRA standard.

En aspekt som inte täcks av ASME standarden är nödvändig omfattning av en studie i en viss tillämpning. Det är också viktigt vid bedömning av en PSA/PSA-tillämpning. Både avvikelser i omfattning eller mot en kravbild behöver motiveras/förklaras innan tillämpning kan ske.

Den genomförda jämförelsen har lett till sammanställning av information på ett sätt som kan utnyttjas vid vidareutveckling av SKI:s kravbild, utbildning och som stöd vid granskning av PSA.

Ett sätt att integrera ASMEs PSA standard i SKI:s arbete är följande:

- THB används checklista för ”bra” PSA-arbete
- ASME PRA standard används som checklista för exakt hur PSA skall utföras (eftersom detta uttryckligen ligger utanför scope för THB)

I ett ytterligare steg skulle det också vara intressant att jämföra en aktuell svensk PSA med ASME standardens kravbild på PSA.

8. Referenser

- [1] Krav på PSA vid riskinformerad användning: Avrapportering av fas 1”, rapport RELCON-2001159-R-002.
- [2] ASME RA-S-2002, *Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application*, april 2002
- [3] Nuclear Energy Institute, Probabilistic Risk Assessment Peer Review Process Guidance, NEI 00-02, March 2000
- [4] SKIFS 2004:1, *Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar Allmänna råd om tillämpningen av Statens kärnkraftinspektions föreskrifter enligt ovan, 18 november 2004.*
- [5] Tillsynshandbok PSA, SKI rapport 2003:48, maj 2004.
- [6] European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plant s, Volume 2, *Generic Nuclear Island Requirements, Chapter 17, PSA Methodology*, Revision C, April 2001.
- [7] PSA Quality for Applications, IAEA final draft February 2005 Rev 5.0.
- [8] IAEA arbete med guider för PSA kvalitet, SKI rapport 2004:38, september 2004.
- [9] SKIFS 1998:1, *Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar Allmänna råd om tillämpningen av Statens kärnkraftinspektions föreskrifter enligt ovan, 22 september 1998.*
- [10] Tillsynshandbok PSA (koncept 99-12-03), SKI rapport 99:48.

- [11] K. J. Demetri, Gianfranco Saiu, European Utility Requirements (EUR) Volume 3 Assessment for AP1000, Proceedings of ICAPP '04 Pittsburgh, PA USA, June 13-17, 2004.
- [12] ASME RA-Sa-2003 Addenda to ASME RA-S-2002 *STANDARD FOR PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT FOR NUCLEAR POWER PLANT APPLICATIONS*, 5 december 2003.
- [13] Standard Review Plan: Revision 1 of Standard Review Plan Chapter 19, Use of Probabilistic Risk Assessment in Plant-Specific Risk-Informed Decision making: General Guidance, NUREG-0800, Chapter 19, U.S. Nuclear Regulatory Commission, November 2002
- [14] Standard Review Plan: Draft Standard Review Plan Chapter 19.1, Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities, NUREG-0800, Chapter 19.1, U.S. Nuclear Regulatory Commission, November 2002
- [15] Regulatory Guide 1.200 for Trial Use (draft was issued as dg-1122): An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-informed Activities, U.S. Nuclear Regulatory Commission, December 2003.
- [16] US Nuclear Regulatory Commission, 'An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis', Regulatory Guide 1.174, Rev 1, (2002)
- [17] American Nuclear Society, 'External Events PRA Methodology an American National Standard', ANSI/ANS-58.21-2003, (2003)
- [18] US Nuclear Regulatory Commission, "Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis", NUREG-1792, Draft Report for comment, juli 2004.

Litteratur

Amerikanskt material

- Ref 1 NRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant Specific Changes to the Licensing Basis*, Draft Regulatory Guide DG-1110 – föreslagen revision av Regulatory Guide 1.174, April 2002
- Ref 2 NRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Inservice Testing*, Regulatory guide 1.175, August 1998
- Ref 3 NRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Graded Quality Assurance*, Regulatory guide 1.176, August 1998
- Ref 4 NRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Technical Specifications*, Regulatory guide 1.177, August 1998
- Ref 5 NRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Inservice Inspection of Pipng*, Regulatory guide 1.178, September 1998
- Ref 6 NRC: *ACRS Shocks industry, NRC Staff with Letter on PRA Quality*, Inside NRC vol.24, no.16, August 12, 2002
- Ref 7 NUREG/CR-2300, *PRA Procedures Guide*, USNRC 1983
- Ref 8 NUREG/CR-2815, *Probabilistic Safety Assessment Procedures Guide*, USNRC 1985
- Ref 9 NUREG/CR-4550, *Volumes 1-4 Analysis of Core Damage Frequency from Internal Events*
- Ref 10 NUREG-1335, *Individual Plant Examination: Submittal Guidance*, August 1989
- Ref 11 ANS, *External Events PRA Methodology Standard*, [3.6-2] Draft, ANS-58.21
- Ref 12 NUREG-1407, *Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities*, Final Report, June 1991
- Ref 13 ASME, *Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications*, An American National Standard RA-S-2002, April 2002
- Ref 14 NEI, *Probabilistic Risk Assessment Peer Review Process Guidance*, NEI 00-02, March 2000

Ref 15 NEI, Option 2 Implementation Guideline, NEI 00-04 Draft Revision B, May 2001

Ref 16 NFPA 805, *Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants*, 2001 Edition

Ref 17 Garreth Parry, NRC, An Approach for Assessing the Technical Adequacy of PSA Results for Risk-informed Activities, Presented at IAEA, 23-27 September 2002.

Ref 18 SECY-00-0162, Addressing PRA Quality in Risk Informed Activities, William D Travers, NRC, July 28, 2000.

Internationellt material

Ref 19 NEA CNRA, *Review Procedures and Criteria for Different Regulator Applications of PSA*, 1997 CNRA Special Issue Report, February 1998

Ref 20 NEA CNRA, *Living PSA Development and Application in Member Countries*, Summary of TÜV Workshops held from 1988 to 1994, February 1996

Ref 21 IAEA, Advances in reliability analysis and probabilistic safety assessment for nuclear power reactors, IAEA-TECDOC-737, March 1994

Ref 22 IAEA, Modelling and data prerequisites for specific applications of PSA in the management of nuclear plant safety, IAEA-TECDOC-740, April 1994

Ref 23 IAEA, Application and development of probabilistic safety assessment for nuclear power plant operations, IAEA-TECDOC-873, April 1996

Ref 24 IAEA, *A framework for a quality assurance programme for PSA*, IAEA-TECDOC-1101, August 1999

Ref 25 IAEA, *Living Probabilistic Safety Assessment (LPSA)*, IAEA-TECDOC-1106, August 1999

Ref 26 IAEA, *Applications of probabilistic safety assessment (PSA) for nuclear power plants*, IAEA-TECDOC-1200, February 2001

Ref 27 Jan Holmberg & Urho Pulkkinen, *Experience from the comparison of two PSA-studies*, VTT Automation, Finland, 2001

Svenskt material

Ref 28 SKI, *Statens kärnkraftsinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar*, Statens kärnkraftsinspektions författningssamling SKIFS 1998:1, augusti 1998

Ref 29 SKI, *Statens kärnkraftsinspektions föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar*, Statens kärnkraftsinspektions författningssamling SKIFS 2000:2, december 2000

Ref 30 SKI, *Tillsynshandbok PSA*, SKI Rapport 99:48 koncept 99-12-03, december 1999

- Ref 31 Michael Knochenhauer, *Status and Use of PSA in Sweden*, SKI Rapport 96:40, May 1996
- Ref 32 Göran Hultqvist, *Risk-Based Approach for Reactor Safety Improvements – current status in US-nuclear industry and prospects for the future*, FT Rapport FT-2002-139, 2001
- Ref 33 Björn Cassel (RELCON), *Övergripande beskrivning av PSA nivå 1, 2 & analys av yttre händelser*, 2000
- Material från konferens PSAM-6, juli 2002**
- Ref 34 Cheok, Drouin, Parry (Office of Nuclear Reactor Regulation), Office of Nuclear Reactor Reserch, NRC, *Addressing PRA Quality in Risk-informed Activities*
- Ref 35 Kojima, Fleming (Computer Software Development), Karl N. Fleming Consulting Servies, *How can We Build a Trust in PRA?*
- Ref 36 M.Knochenhauer (Impera-K), *Using PSA for Safety Related Decision Making – Problems and Possibilities*
- Ref 37 Richner, Zimmermann, Rao, Stetkar (Nordostschweizerische Kraftwerke, ABS Consulting, Stetkar & Associates), *PSA Completenesss in Risk-informed Decision Making*
- Ref 38 Holmberg, Pulkkinen, Rosqvist, Simola (VTT Industrial Systems), *Analysis of Decision Criteria in PSA Applications*
- Ref 39 Julius, Grobbelaar (SCIENTECH), *Second Generation Shutdown Safety Monitor Modeling*
- Ref 40 Julin, Niemelä, Virolainen (STUK), *Risk Informed Regulation and Safety Management of NPP 's*
- Hemsidor**
- Ref 41 www.nrc.gov, 2002-05-27, *Addressing PRA Quality in Risk-informed Activites*, Commission Papers (SECY) July 2000
- Ref 42 www.nrc.gov, 2002-08-30, *ACRS Shocks Industry, NRC Staff with Letter on PRA Quality*, Inside NRC, Vol.24, No.16, August 12, 2002
- Ref 43 www.stuk.fi, 2002-09-03, *YVL 1.4 Quality Assurance for Nuclear Power Plants, YVL 1.9 Quality Assurance During Operation of Nuclear Power Plants*
- Ref 44 www.hse.gov, *Health and Safety Executive Ministry*, med länk till brittiska kärnkraftsmyndigheten NSD - *The Nuclear Safety Directorate*.

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

I tabellen nedan gäller följande:

CC1	CC1	CC2	CC3
-----	-----	-----	-----

Det framgår om kravet är bara på CC1 eller är uppdelat. Det framgår vilka krav som gäller både CC1 och CC2 (grönmarkerat på både CC1 och CC2) och vilka krav som gäller både CC2 och CC3 (gulmarkerat på både CC2 och CC3). Det som inte är färgmarkerat gäller som ett allmänt krav för nivå 1 och även för övriga nivåer.

	CC1	CC2	CC3
HLR-IE-A: The initiating event analysis shall provide a reasonably complete identification of initiating events.			
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
A7			
A8			
A9			
A10			
HLR-IE-B: The initiating event analysis shall group the initiating events so that events in the same group have similar mitigation requirements to facilitate an efficient but realistic estimation of CDF.			
B1			
B2			
B3			
B4			
HLR-IE-C: The initiating event analysis shall estimate the annual frequency of each initiating event or initiating event group.			
C1			
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
C7			
C8			
C9			
C10			
C11			
C12			
HLR-AS-A: The accident sequence analysis shall describe the plant-specific scenarios that can lead to core damage following each initiating event or initiating event category. These scenarios shall address system responses and operator actions, including recovery actions, that support the key safety functions necessary to prevent core damage.			
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
A7			
A8			
A9			
A10			
A11			
HLR-AS-B: Dependencies that can impact the ability of the mitigating systems to operate and function shall be addressed.			
B1			
B2			
B3			
B4			
B5			
B6			

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

	CC1	CC2	CC3
HLR-SC-A: The overall success criteria for the PRA and the system, structure, component and human action success criteria used in the PRA shall be defined and referenced, and shall be consistent with the features, procedures, and operating philosophy of the plant.			
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
HLR-SC-B: The thermal/hydraulic, structural and other supporting engineering bases shall be capable of providing success criteria and event timing sufficient for quantification of CDF and LERF, determination of the relative impact of success criteria on SSC and human action importance, and the impact of uncertainty on this determination.			
B1			
B2			
B3			
B4			
B5			
HLR-SY-A: The systems analysis shall provide a reasonably complete treatment of the causes of system failure and unavailability modes represented in the initiating events analysis and sequence definition.			
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
A7			
A8			
A9			
A10			
A11			
A12			
A13			
A14			
A15			
A16			
A17			
A18			
A19			
A20			
A21			
A22			
HLR-SY-B: The systems analysis shall provide a reasonably complete treatment of common cause failures and intersystem and intra-system dependencies.			
B1			
B2			
B3			
B4			
B5			
B6			
B7			
B8			
B9			
B10			
B11			
B12			
B13			
B14			
B15			
B16			

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

	CC1	CC2	CC3
HLR-HR-A: A systematic process shall be used to identify those specific routine activities which, if not completed correctly, may impact the availability of equipment necessary to perform system function modeling in the PRA.			
A1			
A2			
A3			
HLR-HR-B: Screening of activities that need not be addressed explicitly in the model shall be based on an assessment of how plant-specific operational practices limit the likelihood of errors in such activities.			
B1			
B2			
HLR-HR-C: For each activity that is not screened, an appropriate human failure event (HFE) shall be defined to characterize the impact of the failure as an unavailability of a component, system, or function modeled in the PRA.			
C1			
C2			
C3			
HLR-HR-D: The assessment of the probabilities of the pre-initiator human failure events shall be performed by using a systematic process that addresses the plant-specific and activity-specific influences on human performance			
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
D6			
D7			
HLR-HR-E: A systematic review of the relevant procedures shall be used to identify the set of operator responses required for each of the accident sequences			
E1			
E2			
E3			
E4			
HLR-HR-F: Human failure events shall be defined that represent the impact of not properly performing the required responses, consistent with the structure and level of detail of the accident sequences.			
F1			
F2			
HLR-HR-G: The assessment of the probabilities of the post-initiator HFEs shall be performed using a well defined and self-consistent process that addresses the plant-specific and scenario-specific influences on human performance, and addresses potential dependencies between human failure events in the same accident sequence.			
G1			
G2			
G3			
G4			
G5			
G6			
G7			
G8			
G9			
HLR-HR-H: Recovery actions (at the cutset or scenario level) shall be modeled only if it has been demonstrated that the action is plausible and feasible for those scenarios to which they are applied. Estimates of probabilities of failure shall address dependency on prior human failures in the scenario			
H1			
H2			
H3			

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

	CC1	CC2	CC3
HLR-DA-A: Each parameter shall be clearly defined in terms of the logic model, basic event boundary, and the model used to evaluate event probability.			
A1			
A2			
A3			
HLR-DA-B: Grouping components into a homogeneous population for the purposes of parameter estimation shall consider both the design, environmental, and service conditions of the components in the as-built and as-operated plant.			
B1			
B2			
HLR-DA-C: Generic parameter estimates shall be chosen and plant-specific data shall be collected consistent with the parameter definitions of HLR A and the grouping rationale of HLR B.			
C1			
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
C7			
C8			
C9			
C10			
C11			
C12			
C13			
C14			
C15			
HLR-DA-D: The parameter estimates shall be based on relevant generic industry or plant specific evidence. Where feasible, generic and plant specific evidence shall be integrated using acceptable methods to obtain plant specific parameter estimates. Each parameter estimate shall be accompanied by a characterization of the uncertainty.			
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
D6			
D7			
HLR-IF-A: Different flood areas of the plant and the SSCs located within the areas shall be identified			
A1			
A2			
A3			
A4			
HLR-IF-B: The potential flood sources in the plant and their associated flooding mechanisms shall be identified.			
B1			
B2			
B3			
B4			
HLR-IF-C: The potential flooding scenarios shall be developed for each flood source by identifying the propagation path(s) of the water and the affected SSCs.			
C1			
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
HLR-IF-D: Flooding-induced initiating events shall be identified and their frequencies estimated.			
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
HLR-IF-E: Flood-induced accident sequences shall be quantified.			
E1			
E2			
E3			
E4			
E5			
E6			
E7			

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

	CC1	CC2	CC3
HLR-QU-A: The level 1 quantification shall quantify core damage frequency.			
A1			
A2			
A3			
A4			
HLR-QU-B: The quantification shall use appropriate models and codes, and shall account for method-specific limitations and features.			
B1			
B2			
B3			
B4			
B5			
B6			
B7			
B8			
B9			
HLR-QU-C: Model quantification shall determine that all identified dependencies are addressed appropriately.			
C1			
C2			
C3			
HLR-QU-D: The quantification results shall be reviewed and important contributors to CDF, such as initiating events, accident sequences, equipment failures and operator errors, shall be identified. The results shall be traceable to the inputs and assumptions made in the PRA.			
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
HLR-QU-E: Uncertainties in the PRA results shall be characterized. Sources of model uncertainty and key assumptions shall be identified, and their potential impact on the results understood.			
E1			
E2			
E3			
E4			

Bilaga 2: Fördelning av ASME PRA Standardens krav på kapacitetsnivåer

	CC1	CC2	CC3
HLR-LE-A: Core damage sequences shall be grouped into plant damage states based on their accident progression attributes			
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
HLR-LE-B: The accident progression analyses shall include an evaluation of the credible contributors (e g phenomena, equipment failures, and human actions) to a large early release.			
B1			
B2			
HLR-LE-C: The accident progression analyses shall include identification of those sequences that would result in a large early release			
C1			
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
C7			
C8			
C9			
C10			
HLR-LE-D: The accident progression analyses shall include an evaluation of the containment structural capability for those containment challenges that would result in a large early release.			
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
D6			
HLR-LE-E: The frequency of different containment failure modes leading to a large early release shall be quantified and aggregated.			
E1			
E2			
E3			
HLR-LE-F: The quantification results shall be reviewed and significant contributors to LERF, such as plant damage states, containment challenges and failure modes shall be identified . Sources of uncertainty shall be identified and their impact characterized.			
F1			
F2			

www.ski.se

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
Swedish Nuclear Power Inspectorate

POST/POSTAL ADDRESS SE-106 58 Stockholm

BESÖK/OFFICE Klarabergsviadukten 90

TELEFON/TELEPHONE +46 (0)8 698 84 00

TELEFAX +46 (0)8 661 90 86

E-POST/E-MAIL ski@ski.se

WEBBPLATS/WEB SITE www.ski.se