

Forskning

---

## Tillsynshandbok PSA

Anders Hallman  
Ralph Nyman  
Michael Knochenhauer

Maj 2004



## **SKI-PERSPEKTIV**

### **Bakgrund**

SKI ställer krav på PSA-studier och PSA-verksamhet i SKI:s föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar, SKIFS 1998:1 [1]. Uppföljning av denna verksamhet ingår i SKI:s tillsyn. Mot bakgrund av detta finns ett behov av ett mera detaljerat stöd för genomförandet av tillsynen.

### **SKI:s och rapportens syfte**

*SKI:s Tillsynshandbok PSA* skall utgöra ett stöd i SKI:s tillsyn av den PSA-verksamhet som tillståndshavarna bedriver. Begreppet *PSA-verksamhet* skall ses i vid mening, och inkluderar även organisation och arbetsformer hos tillståndshavarna, uppläggnings och utformning av PSA:n, samt dess användningsområden och tillämpning.

Utgående från kraven och de allmänna råden i SKIFS 1998:1 [1] presenterar tillsynshandboken viktiga aspekter som skall beaktas vid bedömning av om en tillståndshavare uppfyller ställda krav med avseende på PSA-verksamhet inklusive genomförande av PSA och PSA-tillämpningar. Tillsynshandboken skall även vara en handledning för granskning av PSA-studier. Avsikten är dock inte att vara handbok för hur en PSA genomförs.

Tillsynshandboken är tillämpbar på alla typer av inledande händelser och alla drifttillstånd, och har lagts upp på ett sätt som betonar PSA:s integrerade karaktär vad gäller skapandet av en anläggnings riskbild.

Tillsynshandboken har utformats efter de krav som ställs vid PSA av kärnkraftverk, eftersom detta är den mest omfattande tillämpningen. Den gäller dock, i tillämpliga delar, även vid analys av andra kärntekniska anläggningar över vilka SKI utövar tillsyn.

Publiceringen som en forskningsrapport görs därför att handboken bedöms vara av allmänt intresse; SKI välkomnar kommentarer till handboken.

### **Resultat**

*SKI:s Tillsynshandbok PSA* beskriver en arbetsgång och tillhandahåller en omfattande uppsättning av aspekter att ta hänsyn till vid värdering av en tillståndshavares PSA-verksamhet samt vid granskning av PSA och PSA-tillämpningar. Vidare beskrivs SKI:s rutiner för tillsyn inom PSA-området.

### **Eventuell fortsatt verksamhet inom området**

Uppdatering av tillsynshandboken kan krävas när erfarenheter från tillämpning av handboken genererats eller kravbilderna ändras.

### **Effekt på SKI:s verksamhet**

*SKI:s Tillsynshandbok PSA* bedöms vara ett bra stöd för SKI:s granskning av olika tillståndshavares PSA-verksamhet samt vid granskning av PSA och PSA-tillämpningar.

### **Projektinformation**

SKI:s projekthandläggare: Ralph Nyman

Projektnummer: 23094

Dossier-diarienummer: 14.2-030333

## **SKI PERSPECTIVE**

### **Background**

The Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI) expresses requirements on the performance of PSA:s, as well as on PSA activities in general in the regulatory document *Regulations Concerning Safety in Certain Nuclear Facilities*, SKIFS 1998:1 [1]. The follow-up of these activities is part of the inspection tasks of the SKI. In view of this, there is a need for documented guidelines on how to perform these inspections and reviews.

### **The Aim of SKI and of the Report**

The *SKI PSA Review Handbook* is intended to be a support in the SKI inspection and control of the PSA activities of the licensees. These PSA activities include both the organisation and working procedures of the licensee, the layout and contents of the PSA, and its areas of application.

Using the regulation SKIFS 1998:1 as a starting point, the review handbook presents important aspects to be considered when judging whether a licensee fulfils the requirements on PSA activities, including the performance of PSA:s or PSA applications. The handbook shall also be a guidance for the review of PSA:s. However, the intention of the *PSA Review Handbook* is not to be a handbook for how a PSA is performed.

The *PSA Review Handbook* is applicable to all types of initiating events and all operating conditions, and has been structured in a way, which stresses the integrated characteristics of PSA in the creation of the risk picture of a plant.

The *PSA Review Handbook* has been based on the requirements for PSA of nuclear power plants, as this is the most extensive application. However, the relevant parts of it are also applicable when analysing other nuclear installations.

The *PSA Review Handbook* is published as a research report as its contents are judged to be of general interest, and the SKI welcomes comments to the handbook.

### **Results**

The *PSA Review Handbook* describes work procedures and provides an extensive set of aspects to consider when evaluating the PSA activities of a licensee and reviewing PSA:s or PSA applications. It also describes SKI routines for these activities.

### **Possible Continued Activities within the Area**

An update of the *PSA Review Handbook* may be required as experience with the use of the handbook is acquired and if general PSA requirements change.

### **Effect on SKI Activities**

The *SKI PSA Review Handbook* is judged to be useful in supporting the authority's review of the PSA activities of the as well as in review of PSA:s and PSA applications.

### **Project Information**

Project responsible at SKI: Ralph Nyman

Project number: 23094

Dossier Number: 14.2-030333

## Forskning

---

# Tillsynshandbok PSA

Anders Hallman<sup>1</sup>  
Ralph Nyman<sup>1</sup>  
Michael Knochenhauer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Statens kärnkraftinspektion  
106 58 Stockholm

<sup>2</sup>Impera-K AB  
Kyrkvägen 20  
196 30 Kungsängen

Maj 2004

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

<b>1</b>	<b><u>INLEDNING</u></b> .....	<b>1</b>
1.1	<u>TILLSYNSHANDBOKENS OMFATTNING OCH SYFTE</u> .....	1
<b>2</b>	<b><u>TILLÄMPNINGSANVISNING</u></b> .....	<b>2</b>
2.1	<u>INLEDNING OCH ÖVERSIKT</u> .....	2
2.2	<u>INSPEKTION AV PSA-VERKSAMHET</u> .....	3
2.2.1	<u>SKI:s inspektionsprocess</u> .....	3
2.3	<u>GRANSKNING AV PSA</u> .....	4
2.3.1	<u>SKI granskningsprocess</u> .....	4
2.3.2	<u>Genomförande av granskning</u> .....	5
2.3.3	<u>Dokumentation</u> .....	5
<b>3</b>	<b><u>KRAVBILDEN</u></b> .....	<b>7</b>
3.1	<u>SKI:S KRAV PÅ PSA OCH PSA-VERKSAMHET</u> .....	7
3.1.1	<u>SKI:s syn på PSA</u> .....	7
3.1.2	<u>Krav på PSA</u> .....	7
3.1.3	<u>SKI:s föreskrifter</u> .....	8
3.1.4	<u>Krav enligt SKIFS 1998:1</u> .....	8
3.2	<u>AKTUELL INTERNATIONELL KRAVBILD</u> .....	12
<b>4</b>	<b><u>SKI:S PSA-TILLSYN</u></b> .....	<b>13</b>
4.1	<u>ÖVERGRIPANDE</u> .....	13
4.2	<u>ORGANISATION</u> .....	13
4.3	<u>TILLSYN AV PSA-VERKSAMHET</u> .....	14
4.3.1	<u>Tillståndshavarens egenkontroll</u> .....	14
4.3.2	<u>Inspektion och anläggningsbevakning</u> .....	14
4.3.3	<u>Riskinformerad tillsyn</u> .....	15
4.4	<u>TILLSYN AV PSA</u> .....	16
4.4.1	<u>Kontroll av kravuppfyllande avseende säkerhetsanalyser</u> .....	16
4.4.2	<u>Granskning av PSA</u> .....	16
4.5	<u>TILLSYN AV TILLÄMPNINGAR</u> .....	16
4.6	<u>VÄRDERING AV PSA-RESULTAT</u> .....	17
<b>5</b>	<b><u>ORGANISATORISKA FRÅGOR OCH KVALITETSSÄKRING</u></b> .....	<b>18</b>
5.1	<u>KVALITETSSÄKRING</u> .....	18
5.2	<u>KOMPETENS</u> .....	20
5.3	<u>DOKUMENTATION</u> .....	22
<b>6</b>	<b><u>ANVÄNDNING AV PSA</u></b> .....	<b>23</b>
6.1	<u>ANVÄNDARE OCH ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN</u> .....	23
6.2	<u>PRESENTATION OCH VÄRDERING AV RESULTAT</u> .....	24
6.3	<u>BESLUTSKRITERIER</u> .....	27
<b>7</b>	<b><u>GENOMFÖRANDE AV PSA</u></b> .....	<b>29</b>
7.1	<u>PSA:S OMFATTNING OCH TÄCKNINGSGRAD</u> .....	29
7.2	<u>INLEDANDE HÄNDELSER</u> .....	32
7.3	<u>SEKVENSANALYS</u> .....	34
7.4	<u>INNESLUTNINGSANALYS</u> .....	35
7.5	<u>SYSTEMANALYS</u> .....	36
7.6	<u>ANALYS AV MANUELLA INGREPP</u> .....	38
7.7	<u>ANALYS AV BEROENDEN</u> .....	39
7.8	<u>ANALYS AV ERFARENHETSDATA</u> .....	41
<b>8</b>	<b><u>ANVÄNDNING AV PSA I RISKINFORMERAD VERKSAMHET</u></b> .....	<b>43</b>

<u>8.1</u>	<u>INLEDNING</u> .....	43
<u>8.2</u>	<u>RISKINFORMERAD KONTROLLPLANERING</u> .....	43
<u>8.2.1</u>	<u>Bakgrund</u> .....	43
<u>8.2.2</u>	<u>Kravdokument</u> .....	44
<u>8.2.3</u>	<u>Tillämpning</u> .....	44
<b>9</b>	<b><u>REFERENSER</u></b> .....	<b>46</b>
<u>9.1</u>	<u>SKI-DOKUMENT</u> .....	46
<u>9.2</u>	<u>RAPPORTER FRÅN SKI:S PSA-GRANSKNINGAR</u> .....	47
<u>9.3</u>	<u>PSA –STANDARDER OCH ALLMÄNNA DOKUMENT</u> .....	48
<u>9.4</u>	<u>GRANSKNING AV PSA</u> .....	49
<u>9.5</u>	<u>TILLÄMPNING AV PSA</u> .....	49
<u>9.6</u>	<u>PSA – DELANALYSER</u> .....	50
<b>BILAGA 1</b>	<b><u>AKRONYMER OCH DEFINITIONER</u></b> .....	<b>53</b>
	<u>ORGANISATIONER, ARBETSGRUPPER</u> .....	53
	<u>AKRONYMER</u> .....	54
	<u>DEFINITIONER</u> .....	56
<b>BILAGA 2</b>	<b><u>PSA - EN INTRODUKTION</u></b> .....	<b>58</b>
<b>BILAGA 3</b>	<b><u>BAKGRUND OCH HISTORIEBESKRIVNING</u></b> .....	<b>64</b>
<b>BILAGA 4</b>	<b><u>UTVECKLING AV KRAVBILDEN</u></b> .....	<b>66</b>

## **Tabeller**

Tabell 2-1	Uppläggnig av listor med bedömningsattribut.....	3
Tabell 2-2	Beskrivning av SKI granskningsprocess.....	4
Tabell 2-3	Underlag för PSA-granskning.....	5
Tabell 2-4	Innehåll i granskningskommentarer.....	6
Tabell 2-5	Klassificering av granskningskommentarer.....	6
Tabell 3-1	Direkta eller indirekta krav på PSA enligt SKIFS 1998:1.....	9
Tabell 6-1	Viktiga områden för resultatpresentation i en PSA.....	25
Tabell 7-1	Översikt över PSA-status (exempel).....	31
Tabell 7-2	Översikt över typer av beroenden.....	40
Tabell B3-1	Överblick över svenska PSA-aktiviteter.....	65

## **Figurer**

Figur 7-1	Kategorier av missöden som kan medföra frigörelse av radioaktivitet.....	30
Figur B2-1	Översikt över metodiken i en probabilistisk säkerhetsanalys.....	60
Figur B2-2	Översikt över metodiken i en nivå 2 PSA.....	61
Figur B2-3	Exempel på PSA-resultat, som visar härdskadefrekvensen för grupper av inledande händelser.....	62



# 1 Inledning

## 1.1 Tillsynshandbokens omfattning och syfte

Denna tillsynshandbok skall utgöra ett stöd i SKI:s tillsyn av den PSA-verksamhet som tillståndshavarna bedriver. Detta innebär att den dokumenterar SKI:s uppfattning om vad som bör ingå i PSA-verksamhet. Avsikten är dock inte att visa eller ge vägledning i hur en PSA byggs upp.

Begreppet *PSA-verksamhet* skall ses i vid mening, och inkluderar även organisation och arbetsformer hos tillståndshavarna, uppläggning och utformning av PSA:n, samt dess användningsområden och tillämpning. Vidare beskrivs SKI:s rutiner för inspektion och granskning inom PSA-området.

Handboken är avsedd att kunna användas vid SKI:s tillsyn i följande tre fall:

- Granskning av komplett PSA-analys (eller större uppdatering)
- Granskning av begränsad PSA-tillämpning
- Inspektion av en tillståndshavares PSA-verksamhet

En preliminär version av tillsynshandboken utarbetades under åren 1998-99. Den har sänts till tillståndshavarna och ett antal andra organisationer för kommentarer.

Dessutom har den använts i några av SKI:s PSA-granskningar. Baserat på dessa erfarenheter har föreliggande version utarbetats. I samband med uppdateringen har ett antal nyligen tillkomna internationella vägledande dokument studerats och beaktats i nödvändig utsträckning.

Utgångspunkten i tillsynshandboken är kraven och de allmänna råden i SKI:s föreskrifter 1998:1 om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar [1]. Dessa beskrivs mera i detalj i kapitel 3.1. Svenska PSA som utarbetats efter att SKIFS 1998:1 trädde i kraft skall uppfylla kraven i föreskrifterna. För att möjliggöra en bedömning av om kraven och de allmänna råden i SKIFS 1998:1 är uppfyllda, finns i tillsynshandboken inom varje delområde en frågelistor innehållande viktiga aspekter att beakta vid SKI:s bedömning av delområdet. Eftersom tillsynshandboken inte skall föreskriva specifika lösningar, har frågorna formulerats på ett sätt som tillåter alternativa lösningar som ger ett acceptabelt svar.

Tillsynshandboken är tillämpbar på alla typer av inledande händelser och alla drift-tillstånd. Det bör noteras att den inte gör den traditionella uppdelningen av PSA i inre och yttre händelser, effektdrift och avställning, eller nivå 1 och nivå 2 PSA. Anledningen till detta är dels att tillsynshandboken härigenom fått en mera logisk struktur, dels att uppläggnings betonas PSA:s integrerade karaktär vad gäller att kartlägga en anläggnings riskbild.

Tillsynshandboken har utformats efter de krav som ställs vid PSA av kärnkraftverk, eftersom detta är den mest omfattande tillämpningen. Den gäller dock, i tillämpliga delar, även vid analys av andra kärntekniska anläggningar. Sådan tillämpning kommer dock att kräva en dokumenterad tolkning av tillsynshandboken, eftersom skillnader i anläggningens utformning och drift kan motivera skillnader i analysens omfattning och detaljeringsgrad.

Bakgrunden till att tillsynshandboken utarbetas kan sammanfattas i följande punkter

1. Helhetssyn i PSA-verksamhet.  
Tillsynshandboken kan bidra till att skapa en helhetssyn på PSA-verksamhet genom att sätta in PSA och PSA-verksamheten i ett större sammanhang och därmed underlätta för SKI att fokusera på helheten i tillsynen och göra prioriteringar utgående från denna.
2. Former för PSA-tillsyn.  
PSA-granskningar har tidigare baserats dels på ett mera informellt underlag (tidigare granskningsrapporter, granskningsdeltagarnas egen PSA-kännedom, etc.), dels i någon mån på utländska PSA-guider. Detta har gjort det svårt att vara konsistent i granskningsverksamheten. Det har av detta skäl funnits behov hos SKI att ta fram en egen tillsynshandbok, att i denna inarbeta SKI:s erfarenheter från genomförda granskningar, och att utarbeta rutiner för PSA-relaterade inspektioner.

## 2 Tillämpningsanvisning

### 2.1 Inledning och översikt

Tillsynshandboken består av en huvudrapport och fyra bilagor. Huvudrapporten presenterar en kort bakgrund, krav och allmänna råd enligt SKIFS 1998:1 [1], samt en allmän beskrivning och viktiga aspekter vid bedömningen av olika delområden. I bilagorna presenteras definitioner och bakgrundsinformation.

Tillsynshandboken har följande struktur.

#### Huvudrapport

Kap 1	Inledning
Kap 2	Tillämpningsanvisning
Kap 3	Kravbild
Kap 4	SKI:s PSA-tillsyn
Kap 5	Organisatoriska frågor och kvalitetssäkring
Kap 6	Tillämpning av PSA
Kap 7	Genomförande av PSA
Kap 8	Användning av PSA i riskinformerad verksamhet
Kap 9	Referenser

#### Bilagor

Bilaga 1	Akronymer och definitioner
Bilaga 2	PSA – en introduktion
Bilaga 3	Bakgrund och historieber beskrivning
Bilaga 4	Utveckling av kravbild

Bakgrunden till handbokens delområden och bedömningsattribut beskrivs i kapitel 3 och 4. Kapitel 3 beskriver kravbild, och inleds med en tillbakablick som beskriver hur kravbild utvecklats under tiden fram till utgivandet av SKIFS 1998:1 [1]. Därefter beskrivs tämligen detaljerat på vilket sätt SKI idag ställer krav på PSA och PSA-verksamhet. Detta sker genom olika föreskrifter, i första hand SKIFS 1998:1 vars PSA-relaterade krav beskrivs tämligen detaljerat. Slutligen diskuteras kort kravbild internationellt, i första hand genom referenser till handbokens tämligen omfattande referens-

lista (Kapitel 9). I kapitel 4 beskrivs SKI:s PSA-tillsyn, inklusive en beskrivning av olika aktiviteter och deras syfte.

Vid en tillämpning av handboken kommer främst kapitel 5, 6 och 7 att användas. Dessa beskriver organisation och QA, användning av PSA och genomförande av PSA. Varje kapitel är uppdelat i ett antal delavsnitt som vardera beskriver ett viktigt delområde. Uppläggningsen i dessa delavsnitt är likartad; de innehåller alla en allmän bakgrundsbeskrivning som följs av en lista över viktiga aspekter att beakta vid bedömningen av delområdet. Aspekterna är genomgående formulerade som frågor.

Tillsynshandboken har olika användningsområden, som hänger sammand dels med sättet att genomföra PSA dels med SKI:s arbetssätt, nämligen användning i samband med

1. **PSA** granskning av ny eller uppdaterad PSA
2. **Tillämpning** granskning av begränsad PSA-tillämpning
3. **Inspektion** inspektion av tillståndshavares PSA-verksamhet

Frågorna har klassificerats med avseende på dessa användningsområden och presenteras i enlighet med exemplet i Tabell 2-1. Vid en viss granskning eller inspektion kan frågor hämtas ur alla kapitlen 5-8. Detta innebär att vid exempelvis en inspektion av en tillståndshavares PSA-verksamhet är frågor med kryssmarkering i fältet "I" relevanta.

Tabell 2-1 *Uppläggning av listor med bedömningsattribut*

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 5.1-1 Fråga applicerbar vid PSA-granskning
- 5.1-2 Fråga applicerbar vid granskning av PSA eller PSA-tillämpning
- 5.1-3 Fråga applicerbar vid inspektion av PSA-verksamhet
- 5.1-4 ...

	<b>P</b>	<b>T</b>	<b>I</b>
5.1-1	X		
5.1-2	X	X	
5.1-3			X
5.1-4			

## 2.2 Inspektion av PSA-verksamhet

### 2.2.1 SKI:s inspektionsprocess

Syftet med inspektion är att utvärdera tillståndshavarnas verksamhet inklusive egenkontrollen. Detta omfattar att bedöma hur tillståndshavaren efterlever uppställda krav och villkor med avseende på PSA-verksamheten. Däri ingår också att bedöma kvaliteten i säkerhetsarbetet och förmågan att vara förebyggande, att hantera avvikelser och lära av erfarenheter, med syfte att upprätthålla och fortlöpande utveckla säkerheten. I inspektioner ingår att samla information både om hur verksamheten är styrd (formella systemet) och om hur tillämpningen sker (praxis).

Beslutet att genomföra en inspektion kan vara en del av SKI:s verksamhetsplanering för det kommande året, men kan även beslutas under året som en följd av inträffad händelse eller på annat sätt identifierad säkerhetsfråga.

Hur en inspektion genomförs och dokumenteras framgår av SKIQ-12 [se lista i avsnitt 9.1].

## 2.3 Granskning av PSA

### 2.3.1 SKI granskningsprocess

Tabell 2-2 beskriver översiktligt SKI:s granskningsprocess för granskning av PSA-studier eller delanalyser. Granskning sker enligt SKIQ-11 [se lista i avsnitt 9.1]. Alla krav som SKI ställer med anledning av en genomförd granskning görs i form av beslut. Tillståndshavarna uppmanas att värdera synpunkterna i granskningsrapporten och genomföra nödvändiga åtgärder. Värderingen skall bifogas i samband med anmälan om ändringarna i PSA-studien eller vid nästa uppdatering av studien. Beslutet kan även innehålla direkta krav på förbättringar av PSA studierna.

Tabell 2-2 Beskrivning av SKI granskningsprocess

Steg i processen	Delaktiviteter
1. Beslut om granskning	a. PSA-dokumentation har inkommit till SKI eller SKI begär in denna. b. Beslut om nivå för granskning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omfattande granskning - Själva studien granskas, vanligtvis väljs ett eller flera stickprov för djupare granskning</li> <li>• Översiktlig granskning - Resultaten och tillståndshavarens säkerhetsvärdering och åtgärdsprogram granskas</li> </ul>
2. Planering av granskning (tid- och resursplan)	a. Granskningsplan upprättas b. Vid omfattande granskning, och eventuellt även vid översiktlig granskning, anlitas extern konsult. c. Förberedelser för granskning
3. Förberedande möten och dialoger med tillståndshavaren	a. Tillståndshavaren presenterar underlaget b. Definition av ytterligare nödvändigt underlag för granskningen (utöver PSA-dokument och –modeller)
4. Granskningens genomförande	a. Genomförande sker enligt granskningsplan. b. Vid behov förs en dialog med tillståndshavaren för att inhämta kompletterande information och få svar på frågor. c. Projektinterna granskningsmöten hålls för att diskutera framkomna observationer och värderingar av dessa
5. Avslutning av granskningen	a. SKI:s preliminära granskningsresultat redovisas internt b. Ett granskningsmöte hålls med tillståndshavaren, varvid följande gäller: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preliminär granskningsrapport tillsänds tillståndshavaren i god tid före granskningsmötet.</li> <li>• Tillståndshavaren ges möjlighet att besvara eller kommentera SKI:s observationer och den preliminära granskningsrapporten</li> <li>• Tidpunkt för tillståndshavarens officiella kommentarer på utförd granskning bestäms.</li> </ul> c. Slutförande av granskningsrapporten.
6. SKI, beslutsfasen	a. Tillståndshavarens svar på SKI:s observationer från granskningen och SKI:s värdering av dessa skall dokumenteras i separat PM. Alla granskningar skall mynna ut i ett beslut. b. Slutlig granskningsrapport fastställs och delges tillståndshavaren. c. Koncept till SKI beslut kommuniceras med tillståndshavaren d. Beslut fastställs
7. Ärendet avslutas	a. Alla relevanta handlingar i ärendet skall vara diarieförda och läggs ad acta. b. Eventuell uppföljning sker som ett nytt ärende.

### 2.3.2 Genomförande av granskning

Beskrivningen baseras på uppläggningsen av tidigare genomförda granskningar, och är i första hand tillämpbar på en tämligen omfattande granskning. Beroende på en specifik gransknings mål och omfattning är alternativa former för genomförandet möjliga. En mera begränsad granskning, eller en granskning av en mindre PSA-tillämpning kan baseras på relevanta delar av nedanstående.

Granskningen omfattar såväl PSA:ns tekniska innehåll som dess uppläggning och resultat. Granskningen fokuseras på följande aspekter av PSA:n eller PSA-tillämpningen:

- Kvalitet, motsvarande delar av tillsynshandbokens kapitel 5.
- Användbarhet inom förväntade användningsområden, motsvarande tillsynshandbokens kapitel 6.1.
- Presentation och tolkning av resultat, motsvarande tillsynshandbokens kapitel 6.2 och 6.3.
- Genomförande av PSA:n, motsvarande tillsynshandbokens kapitel 7.

I praktiken baseras granskningen på de specifika frågor som listas i varje delavsnitt, och som utgör viktiga aspekter vid bedömningen av PSA:n.

Tabell 2-3 beskriver det underlag som kan behöva utnyttjas i granskningen. Vid granskning av ett specifikt ärende, kan det tillkomma underlag som berör detta ärende.

Tabell 2-3 Underlag för PSA-granskning

Anläggningsspecifikt underlag	Generellt underlag
<ul style="list-style-type: none"><li>• PSA, textdel</li><li>• PSA, felträdsmodell på PC</li><li>• FMEA-databaser</li><li>• ASAR</li><li>• SAR</li><li>• STF</li><li>• ÖSI, Övergripande störningsinstruktion</li><li>• Systemflödesschemor</li><li>• Kretsschemor elsystem</li><li>• Logikskemor</li><li>• RO och SS-rapporter</li><li>• STAGBAS incidentkatalog för anläggningen</li><li>• SKI:s tidigare beslut och granskningsrapporter, ref till eget avsnitt i referenskapitel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• I-boken</li><li>• T-boken</li><li>• Vedertagna internationella PSA-referenser från exempelvis IAEA och NRC.</li><li>• Relevanta nordiska forskningsrapporter, t.ex. gällande analys och modellering av inledande händelser, beroenden, CCF, mänskligt felhandlande eller svåra haverier. <i>Not: Ett antal rapporter från projekt av detta slag finns förtecknade bland referenserna i kapitel 8.</i></li></ul>

### 2.3.3 Dokumentation

I det följande diskuteras uppläggning och dokumentation av den granskningsrapport som omnämns i beskrivningen av arbetsgången i Tabell 2-2.

De exakta formerna för dokumentation av en granskning bestäms från fall till fall. Normalt ingår dock dels en textrapport, dels en databas för dokumentation och uppföljning av kommentarer.

Rapportens textdel innehåller dels en övergripande värdering av studien, dels summeringar av detaljkommentarer. Alla kommentarer som kräver svar eller åtgärd presenteras i en databas. Granskningskommentarernas innehåll beskrivs i Tabell 2-4.

Tabell 2-4 Innehåll i granskningskommentarer

Rubrik	Innehåll
Referens	Dokument, kapitel, sida/stycke
Rubrik	Kort beskrivande rubrik
Refererad text/uppgift	Beskrivning av vad i PSA:n (summering eller citat) som kommentaren refererar till
Kommentar eller fråga	Beskrivning av kommentar (eller fråga).
Föreslagen åtgärd	Vad föreslås göras för att lösa problemet?
Klassificering	Listning m.a.p. typ, allvarlighet och status (se nedan)
Tillståndshavarens svar eller åtgärd	Fylls i av tillståndshavaren eller SKI under behandlingen av kommentaren
Kommentar	Avslutande kommentar - fylls i efter att tillståndshavaren besvarat punkten

Samtliga kommentarer klassificeras med avseende på typ, viktighet och status. Statusklassificeringen kommer att fyllas i efter tillståndshavarens första genomgång av kommentarerna. Klassificering enligt Tabell 2-5 används.

Tabell 2-5 Klassificering av granskningskommentarer

Typ	Viktighet	Status
F Fråga eller förtydligande	A Mycket viktig	OK Klar
KD Dokumentations- anmärkning	B Viktig	F Frågan besvaras av tillståndshavaren
KF Kommentar rörande fullständighet	C Övriga	D Dokumentation ändras eller kompletteras
KR Kommentar rörande randvillkor		A Analysen ändras eller kompletteras
		K Kvarstår (ej löst)

## 3 Kravbilden

Detta kapitel beskriver kravbilden m.a.p. PSA i Sverige och internationellt<sup>1</sup>. Aktuella svenska krav beskrivs i avsnitt 3.1 och en översikt över aktuell internationella krav ges i avsnitt 3.2. Detta sker i första hand genom listning av ett antal centrala referenser (handböcker och standarder).

### 3.1 SKI:s krav på PSA och PSA-verksamhet

#### 3.1.1 SKI:s syn på PSA

SKI skall tillse att den kärntekniska verksamhet tillståndshavarna bedriver är tillräckligt säker och skall dessutom driva på tillståndshavarnas säkerhetsarbete. SKI:s uppgift som säkerhetsmyndighet är att ställa krav på PSA och PSA-verksamhet. Detta innebär bland annat att SKI i sin tillsynsverksamhet skall verka för att PSA används aktivt, vilket bl.a. innebär att PSA används regelbundet i säkerhetsarbetet för att erhålla en allsidig bild och bättre förståelse av anläggningens säkerhet. Vidare skall SKI i sin tillsynsverksamhet verka för att PSA används aktivt i s.k. riskinformerade beslutssituationer och tillämpningar. SKI skall även främja den riskinformerade verksamheten inom SKI:s processororienterade tillsynsverksamhet.

Ansvar för säkerheten i de kärntekniska anläggningarna ligger dock helt på tillståndshavarna. Med detta följer även ansvaret för nödvändig PSA-verksamhet. Denna ansvarsbild har styrt SKI:s sätt att uttrycka kraven i föreskrifterna, vilket resulterat i övergripande målformulerade ramregler som bl.a. berör tillståndshavarnas skyldigheter att upprätthålla hög kvalitet på verksamheter av betydelse för säkerheten och på tillståndshavarnas egenkontroll. Tillståndshavarna har även ansvaret att initiera analyser då behov föreligger och att planlägga sitt PSA-arbetet på längre sikt.

Föreliggande tillsynshandbok skall utgöra ett stöd i SKI:s tillsyn av tillståndshavarnas PSA-verksamhet och i utnyttjandet av PSA i SKI:s övriga verksamhet, och kommer att finnas tillgänglig för tillståndshavarna. Tillsynshandboken är dock inte en del av SKI:s krav på PSA och PSA-verksamhet.

#### 3.1.2 Krav på PSA

SKI uttrycker sina krav på PSA och PSA-verksamhet i:

- Föreskrifter med allmänna råd - gäller i första hand SKIFS 1998:1 [1] rörande säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar.
- Beslut - dessa grundas på resultat av anläggningsbevakningsrapporter (SKI:s anläggningsbevakning av tillståndshavarens PSA-verksamhet) och granskningsrapporter (SKI:s PSA-granskningar).

---

<sup>1</sup> Bilaga 4 beskriver utvecklingen av kravbilden fram till utgivandet av SKIFS 1998:1 om säkerheten i vissa kärntekniska anläggningar [1]

### 3.1.3 SKI:s föreskrifter

PSA berörs direkt eller indirekt i ett antal av SKI:s föreskrifter, av vilka SKIFS 1998:1 är den viktigaste.

#### **SKIFS 1998:1**

Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar.

- En genomgång av krav enligt denna SKIFS görs i avsnitt 3.1.4.

#### **SKIFS 2000:1**

Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om kompetens hos driftpersonal vid reaktor-  
läggningar.

- Föreskriften innehåller information som är indirekt relaterad till PSA, och beskriver verksamhet som kan komma att utnyttja PSA-relaterad information.
- Kraven avseende kompetens hos driftpersonal kan för vissa personalkategorier tolkas så att krav ställs på att kunna beställa, tolka och utnyttja erhållna PSA-resultat samt riskinformation från dessa, för att bl.a. kunna leda och prioritera verksamheter.

#### **SKIFS 2000:2**

Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar

- Föreskriften innehåller information som är indirekt relaterad till PSA
- Krav m.a.p. riskinformerad verksamhet  
Indelning i kontrollgrupp A-B-C skall bestämmas med hänsyn tagen till de relativa riskerna för kärnbränsleskador, utsläpp av radioaktiva ämnen, oavsiktlig kedjereaktion och brister i säkerhetsnivån i övrigt till följd av skador som kan uppkomma i de mekaniska anordningarna.

Härutöver berörs PSA i följande SKIFS, som f.n. (oktober 2003) är under remissbehandling.

#### **SKIFS 2004:1**

Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar.

När SKIFS 2004:1 blir fastställd ersätter föreskriften tidigare SKIFS 1998:1 om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar<sup>2</sup>.

#### **SKIFS 2004:2**

Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om ny konstruktion och utförande av kärnkraftreaktorer

### 3.1.4 Krav enligt SKIFS 1998:1

Statens kärnkraftinspektions föreskrift om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar, SKIFS 1998:1 [1], ställer ett antal krav på utförande av PSA och redovisning av PSA

---

<sup>2</sup> Föreskriften föreligger f.n. som remissutgåva daterad 2003-11-26



till SKI. Vissa krav är applicerbara på utförande av PSA som mer eller mindre förutsättningslöst analyserar en anläggnings totala riskbild, andra på utnyttjande av befintliga PSA eller utförande av PSA i specifika tillämningar och säkerhetsfrågor, ytterligare andra på kompetens och kvalitet.

I Tabell 3-1 citeras ett antal paragrafer i föreskriften, och en tolkning görs av paragrafens betydelse avseende PSA. De bedömningsaspekter som listas i kapitel 5 till 7 kan i många fall kopplas till specifika krav i föreskriften. Föreskriften är för närvarande under uppdatering (april 2004). Med tanke på detta och med tanke på att många bedömningskriterier baseras på "state of the art" inom PSA har en sådan koppling ej gjorts i denna utgåva av tillsynshandboken. Vid en framtida uppdatering av tillsynshandboken kommer det att diskuteras om en koppling bör ske.

Tabell 3-1 Direkta eller indirekta krav på PSA enligt SKIFS 1998:1

Referens	Text i SKIFS 1998:1	Relevans för PSA
<b>2 kap. Grundläggande säkerhetsbestämmelser</b>		
3 §, punkt 1	Tillståndshavaren skall tillse att dokumenterade riktlinjer finns för hur säkerheten skall upprätthållas vid anläggningen samt att den personal som arbetar med uppgifter som har betydelse för säkerheten är väl förtrogna med riktlinjerna.	Erhållna PSA-resultat skall värderas mot riktlinjerna.
3 §, punkt 2	Tillståndshavaren skall tillse att verksamheten vid anläggningen styrs och utvecklas med stöd av ett kvalitetssystem som omfattar de verksamheter som har betydelse för säkerheten.	Detta avser bl.a. PSA-verksamheten.
3 §, punkt 3	Tillståndshavaren skall tillse att beslut i säkerhetsfrågor föregås av tillräcklig beredning och rådgivning så att frågorna blir allsidigt belysta.	PSA är ett väsentligt verktyg för att ge denna belysning.
3 §, punkt 4	Tillståndshavaren skall tillse att det finns tillräckligt med personal som innehar den kompetens och den lämplighet i övrigt som behövs för de arbetsuppgifter som har betydelse för säkerheten samt att detta finns dokumenterat.	Detta berör bl.a. tillståndshavarens egen PSA-kompetens.
3 §, punkt 5	Tillståndshavaren skall tillse att ansvar och befogenheter definieras och dokumenteras för den personal som skall utföra arbete av betydelse för säkerheten.	Detta avser bl.a. ansvar och befogenheter för PSA-verksamheten.
3 §, punkt 6	Tillståndshavaren skall tillse att personalen ges de förutsättningar som behövs för att kunna arbeta på ett säkert sätt.	Detta avser bl.a. rutiner, verktyg och resurser för PSA-verksamheten.
3 §, punkt 7	Tillståndshavaren skall tillse att erfarenheter från den egna och från liknande verksamheter fortlöpande tas tillvara och delges berörd personal	Detta gäller även för PSA-verksamhet
3 §, punkt 8	Tillståndshavaren skall tillse att säkerheten, genom dessa och andra åtgärder, upprätthålls och fortlöpande utvecklas.	PSA-verksamhet är ett av verktygen för att uppnå detta.
3 §, allm. råd	För att tillräcklig kompetens skall kunna utvecklas och bibehållas i den egna organisationen, bör en noggrann avvägning göras mellan utnyttjandet av egen personal respektive av entreprenörer och annan inhyrd personal, i fråga om arbetsuppgifter av betydelse för säkerheten. I en anläggnings organisation bör det alltid finnas den kompetens som behövs för att kunna beställa, leda och värdera resultatet av arbetsuppgifter som har betydelse för säkerheten och som utförs av entreprenörer eller av annan inhyrd personal.	Även detta berör tillståndshavarens PSA-kompetens.

Tabell 3-1 Direkta eller indirekta krav på PSA enligt SKIFS 1998:1

Referens	Text i SKIFS 1998:1	Relevans för PSA
<b>4 kap. Värdering och redovisning av säkerheten i anläggning</b>		
1 §	Säkerhetsanalys / Analyser av förhållanden som har betydelse för säkerheten i en anläggning skall göras innan anläggningen uppförs och tas i drift. Analyserna skall därefter hållas aktuella.	Med analyser avses här bl.a. PSA.
1 §	Säkerhetsanalys / Säkerhetsanalyserna skall vara grundade på en systematisk inventering av sådana händelser, händelseförlopp och förhållanden vilka kan leda till en radiologisk olycka.	Med analyser avses här bl.a. PSA.
1 §; allm. råd	Säkerhetsanalys / Både deterministiska och probablistiska analyser bör användas eftersom de kompletterar varandra och på så sätt ger en så allsidig bild som möjligt av risk och säkerhet.	Direkt tillämbart på PSA
1 §; allm. råd	Säkerhetsanalys / Probabilistiska analyser bör vara så realistiska som möjligt. Försiktiga eller konservativa antaganden kan användas om det går att motivera detta och om det går att visa att de är konservativa i alla avseenden. Även i dessa analyser bör inverkan av osäkerheter som har betydelse för resultaten analyseras.	Direkt tillämbart på PSA
1 §; allm. råd	Säkerhetsanalys / För en reaktorläggning bör en probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) omfatta <ul style="list-style-type: none"> <li>• nivå 1: en analys av sannolikheten för att en härdskada skall inträffa, samt</li> <li>• nivå 2: en analys av sannolikheten för utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen,</li> </ul> under effektdrift, inklusive upp- och nedgång med reaktorn, och vid revisionsavställning, i vilken också bränslebyte ingår.	Direkt tillämbart på PSA
1 §; allm. råd	Säkerhetsanalys / Analysarbetet bör ske med god kvalitetssäkring vad gäller dokumentation, referenser, granskningsrutiner m m. Analysens syfte bör klart framgå liksom de begränsningar som analysen innehåller. Analysen bör vidare ha god spårbarhet och väl motiverade antaganden och data vilka är relevanta för anläggningen. Det bör visas på ett övertygande sätt att alla tänkbara missödesförlopp är behandlade. Även de bedömningar som har legat till grund för att utesluta analys av vissa händelser bör redovisas.	Direkt tillämbart på PSA
2 §	Säkerhetsredovisning / En preliminär säkerhetsredovisning skall göras innan en anläggning får uppföras. En slutlig säkerhetsredovisning skall göras innan anläggningen får tas i drift.  Säkerhetsredovisningen skall innehålla den information som framgår av bilaga 2 ( <i>Enligt bilaga 2 i föreskriften skall den slutliga säkerhetsredovisningen bl.a. innehålla en redovisning av säkerhetsanalyserna enligt 4 kap. 1 §, d.v.s. även PSA</i> )	SKI ser numera även de befintliga anläggningarnas PSA som en del av anläggningarnas säkerhetsredovisning.
2 §; allm. råd	Säkerhetsredovisning / En säkerhetsredovisning bör generellt hålla god kvalitet och vara granskningsbar i alla dess delar. Detta innebär att redovisningen bör vara logiskt uppbyggd med en överskådlig struktur. Förutsättningarna och metodiken bör vara väl beskrivna med tydliga referenser till allt underlag. Redovisningen och underlaget för denna bör vara dokumenterade på ett sätt som gör det möjligt att effektivt hålla den uppdaterad och tillgänglig.	Gäller även redovisning av PSA.

Tabell 3-1 Direkta eller indirekta krav på PSA enligt SKIFS 1998:1

Referens	Text i SKIFS 1998:1	Relevans för PSA
3 §	Säkerhetsgranskning / Vid en säkerhetsgranskning skall det bedömas eller kontrolleras att de tillämpliga säkerhetsaspekterna på en sakfråga är beaktade, och att för sakfrågan tillämpliga säkerhetskrav på en anläggnings konstruktion, funktion, organisation och verksamhet är uppfyllda. Granskningen skall genomföras systematiskt och vara dokumenterad.	Detta innefattar även att bedöma behovet av genomförande av PSA, som ett verktyg att identifiera säkerhetsaspekter och att värdera redan identifierande säkerhetsaspekter.
4 §	Säkerhetsprogram / Säkerheten i en anläggning, efter det att den tagits i drift, skall fortlöpande analyseras och bedömas på ett systematiskt sätt. De behov av säkerhetsförbättrande åtgärder, såväl tekniska som organisatoriska, vilka föranleds av sådana analyser och bedömningar skall vara dokumenterade i ett säkerhetsprogram. Säkerhetsprogrammet skall årligen ses över.	Här är PSA ett av verktygen.
4 §; allm. råd	I det fortlöpande arbetet med säkerhetsprogram bör särskilt beaktas tekniska och organisatoriska erfarenheter från den egna verksamheten, erfarenheter från liknande anläggningar, resultat från fortlöpande säkerhetsanalys, forskningsresultat som kan ha betydelse för bedömningen av säkerheten samt utvecklingen av sådana standarder som används vid uppförande eller drift av anläggningen.	Forskningsresultaten kan här utgöras av kunskap om säkerhetsfrågor men även utveckling av analysmetoder, såsom PSA.
5 §	Återkommande granskning av säkerheten i anläggningar / Minst vart tionde år skall en förnyad samlad analys och bedömning av säkerheten i en anläggning göras. Analyserna, bedömningarna samt de åtgärder som föranleds av dessa skall dokumenteras och redovisas för Statens kärnkraftinspektion.	Blockets befintliga PSA skall här utgöra ett av underlagen. ASAR skall med andra ord inte föranleda omfattande PSA. Istället skall befintlig PSA, som är ett resultat av kravet på kontinuerligt arbete med PSA, utgöra delar av underlaget.
6 §	Ändringar / Tekniska eller organisatoriska ändringar i en anläggning, vilka kan påverka de förhållanden som har angivits i säkerhetsredovisningen, samt ändringar i redovisningen av principiellt slag skall vara säkerhetsgranskade i enlighet med 3 §.  Innan ändringarna får införas skall de vara anmälda till Statens kärnkraftinspektion, som kan besluta att ytterligare eller andra krav eller villkor skall gälla för ändringarna.	Denna paragraf berör PSA som del av säkerhetsredovisningen. Paragrafen skall vad gäller PSA tolkas så att en PSA skall genomgå säkerhetsgranskning hos tillståndshavaren och vidare anmälas till SKI. Valet av tidpunkt för säkerhetsgranskning och anmälan till SKI bör ske med hänsyn till analysmetodens karaktär. Skyndsamt behandling fordras i de fall analysen visar på säkerhetsbrist eller misstanke om säkerhetsbrist i anläggningen.
<b>7 kap. Rapportering till Statens kärnkraftinspektion</b>		
1 §	Inträffade händelser och uppdagade förhållanden av väsentlig betydelse för säkerheten i en anläggning skall utan dröjsmål rapporteras till Statens kärnkraftinspektion på sätt som framgår av bilaga 4.	PSA är ett sätt att uppdaga förhållanden av betydelse för säkerheten.

## 3.2 Aktuell internationell kravbild

SKI:s föreskrifter ger övergripande krav rörande PSA och PSA-verksamhet. De innehåller dock inga detaljerade krav om hur PSA och PSA-verksamhet skall utformas. Detta kan ej läggas fast slutgiltigt, utan styrs till stor del av aktuell praxis inom PSA-området ("state of the art").

Under senare år har kraven både på PSA och på granskning av PSA i ökad grad formaliserats och dokumenterats av myndigheter och organisationer. Detta har en direkt koppling till att PSA i ökande utsträckning används som underlag för säkerhetsrelaterade beslut. Tillsynshandbokens bedömningsaspekter i kapitlen 5, 6 och 7 har i många fall formulerats utgående från aktuell praxis inom PSA internationellt.

Omfattningen i den internationella PSA-verksamheten är stor och föränderlig, vilket försvårar sammanställningen av en komplett och aktuell referenslista. I Kapitel 8 finns en sammanställning över ett antal aktuella och centrala dokument inom följande områden:

- PSA-standarder och allmänna dokument
- Granskning av PSA
- Tillämpning av PSA
- PSA – Delanalyser

Listorna inkluderar i första hand dokument utgivna av IAEA och NRC samt ett antal PSA-relaterade dokument som utarbetats inom Norden. Det bör noteras att även om ambitionen varit att i förteckningen inkludera alla centrala referenser, så gör den inte anspråk på att vara komplett.

## 4 SKI:s PSA-tillsyn

SKI:s tillsyn rörande PSA innebär dels att ställa krav, dels att kontrollera att kraven efterlevs. SKI:s krav på PSA och PSA-verksamhet beskrivs i kapitel 3.1.

Kapitel 4 beskriver SKI:s tillsyn vad gäller kontrollen av att kraven efterlevs. I kapitel 4.1 och 4.2 ges inledningsvis en översiktlig beskrivning av SKI:s PSA-verksamhet. SKI:s kontroll av hur krav på PSA efterlevs berör tre huvudområden, som vardera beskrivs i ett delavsnitt:

1. Verksamhet (PSA-verksamhet hos tillståndshavaren), kapitel 4.3
2. Produkt (PSA-dokument och -modeller), kapitel 4.4
3. Tillämpningar (Tillståndshavares användning av PSA), kapitel 4.5

### 4.1 Övergripande

Som tidigare nämnts, ligger ansvaret för säkerheten i de kärntekniska anläggningarna helt på tillståndshavarna. Med detta följer även ansvaret för PSA. SKI:s medel för tillsyn inom PSA är inspektioner av PSA-verksamhet, granskning av PSA-studier och deras resultat, samt granskning av PSA-tillämpningar.

Tillståndshavarnas PSA-verksamhet har till främsta syfte att ur säkerhetssynpunkt analysera verksamheten, dra slutsatser ur den information analyserna ger, och vid behov vidtaga åtgärder för att förbättra säkerheten. Tillsynens uppgift blir därför bl.a. kontrollera att tillståndshavarnas PSA:er är av god kvalitet. Att definiera god kvalitet är inte trivialt eftersom kvalitet uppfattas olika av olika personer. Ett sätt att definiera god kvalitet kan vara:

- att mål och syften är tydliga för olika typer av riskanalyser
- att detaljeringsgraden i en PSA är så omfattande att mål och syften kan uppnås
- att en PSA är tekniskt korrekt

Härvid blir SKI:s roll i första hand att övergripande ställa krav på PSA-verksamhet, att granska att tillståndshavarna tar sitt ansvar, samt att påpeka eventuella brister i detta ansvarstagande.

SKI skall även utnyttja den information PSA ger i SKI:s övriga tillsyn, exempelvis

- för att meddela effektiva föreskrifter och tillståndsvillkor,
- vid värdering av standarder och normer,
- vid prioritering av inspektions-, gransknings- och utredningsinsatser,
- vid värdering av tillståndshavarnas säkerhetsbedömningar, samt
- vid prioritering av forskningsarbeten som SKI bedriver, finansierar eller delfinansierar.

### 4.2 Organisation

Inom SKI hanteras PSA i första hand av enheten för anläggningssäkerhet (RA). Enhetens ansvarsområden beskrivs i detalj i SKIQ-03 [se lista i avsnitt 9.1].

Enhetens viktigaste uppgifter m.a.p. PSA är att ställa krav på PSA och PSA-verksamhet, samt att följa upp efterlevnaden genom granskningar och inspektioner. Som stöd för detta arbete har enheten ansvar även för följande:

- att upprätthålla och utveckla SKI:s kompetens inom PSA-området,
- att svara för SKI:s forskningsområde 14.2 – säkerhetsanalys, vilken omfattar PSA-relaterad forskning på kort och lång sikt,
- att följa internationell utveckling inom området, samt att känna till utländska krav, normer och standarder och kunna värdera och tillämpa dessa,
- att sammanställa och analysera gemensamma erfarenhetsdata nationellt och internationellt om t.ex. fel i säkerhetskomponenter eller inträffade säkerhetsrelaterade störningar, och
- att ta aktiv del i utvecklingen av svensk PSA-verksamhet genom att nationellt och internationellt initiera, koordinera och delta i PSA-relaterade projekt.

I begränsad utsträckning genomförs även analyser baserade på tillståndshavarnas PSA-modeller.

Även andra enheter vid SKI har ansvar för att PSA tillämpas inom respektive fackområde, exempelvis manuella ingrepp, hållfasthetsfrågor samt svåra haverier.

## **4.3 Tillsyn av PSA-verksamhet**

### **4.3.1 Tillståndshavarens egenkontroll**

Efterlevnaden av SKI:s krav skall huvudsakligen säkerställas genom tillståndshavarnas egenkontroll. Med egenkontroll avses alla de åtgärder som en tillståndshavare vidtar med syfte att styra och följa upp den egna verksamheten för att försäkra sig om att externa och interna krav uppfylls ur säkerhetssynpunkt.

Egenkontrollen skall organiseras på ett ändamålsenligt sätt med tillräcklig personal, som har erforderlig kompetens och med tydligt ansvar och befogenheter (formella system). Den skall utföras med tillfredsställande kvalitet med stöd av kvalitetssäkrade rutiner, metoder och hjälpmedel.

Vad gäller PSA-verksamheten innebär detta bl.a. att tillståndshavaren skall ha ett fungerande kvalitetssystem som styr det egna analysarbetet, inkluderande rutiner för initiering av analyser, genomförande, dokumentation, uppdatering, samt hantering och användning av analysresultat.

SKI:s tilltro till egenkontrollen erhålls främst genom tillsyn. Detta innebär att SKI genom granskning, utredning, inspektion och anläggningsbevakning fokuserar på tillståndshavarens verksamhet och dess processer, samt förmågan att med hög kvalitet bedriva och utveckla PSA-arbetet. I de fall SKI gör detaljerad granskning av delar av verksamheten eller delar av en redovisad analys är skälet främst att stickprovsvis bedöma kvaliteten i egenkontrollen.

### **4.3.2 Inspektion och anläggningsbevakning**

Kvaliteten, relevansen och användbarheten hos en PSA bestäms i stor utsträckning av det sätt på vilket tillståndshavaren bedriver sin PSA-verksamhet. PSA-verksamhet kan

här delas in i två kategorier, dels löpande PSA-verksamhet (inklusive PSA-tillämpningar), dels genomförande av större PSA-projekt.

SKI:s tillsyn av PSA-verksamheten sker genom inspektion och anläggningsbevakning. Dessa fokuserar på de områden som beskrivs i Tillsynshandbokens kapitel 5, nämligen kvalitetssäkringen i PSA-verksamheten och processer som skall stödja tillståndshavarens utveckling och användning av PSA.

### **Inspektion**

*Inspektioner* syftar till att granska att SKI:s krav på tillståndshavarens organisation, kvalitetssäkring och tillämpning av PSA enligt SKI:s föreskrifter är uppfyllda.

Inspektion innebär att SKI på ett djupare sätt och ofta med flera experter involverade bedömer hur tillståndshavaren uppfyller SKI:s föreskrifter, tillståndsvillkor och sina egna bestämmelser. Detta kan innefatta bedömning av tillståndshavarens egen organisation för PSA, det kvalitetssystem som styr PSA-arbetet, hur utnyttjandet av konsulter organiseras, säkerhetsgranskning av PSA m.m.

Inspektion med samma inriktning kan genomföras för ett flertal tillståndshavare, för att därigenom få en rationellare hantering och inkludera ett mått av jämförelse.

Inspektion av en tillståndshavares PSA-verksamhet kan även ingå som en del i en större verksamhetsinriktad inspektion av en tillståndshavare, där syftet är att bedöma egenkontrollen av ett flertal typer av säkerhetsrelaterade verksamheter.

Frekvensen för inspektioner styrs av SKI:s övergripande bedömning av tillståndshavarens kvalitet i PSA-arbetet, bl.a. baserad på kvaliteten i tillståndshavarens muntliga och skriftliga redovisning av PSA till SKI.

### **Anläggningsbevakning**

Anläggningsbevakning innebär löpande tillsyn av hur SKI:s och tillståndshavarnas egna krav uppnås, med betoning på det förebyggande säkerhetsarbetet. Detta kan exempelvis innefatta att PSA används som ett naturligt verktyg vid bedömning av ett driftläge eller utvärdering av en RO.

## **4.3.3 Riskinformerad tillsyn**

Riskinformerad tillsyn<sup>3</sup> innebär att SKI utnyttjar resultaten från riskanalyser som ett komplement vid beslut i frågor där traditionella ingenjörsmetoder, exempelvis beräkning av uppfyllandet av deterministiska krav, hittills varit det normala angreppssättet.

Beslutet baseras på såväl kvalitativa faktorer som kvantitativa analyser och annan information. Av central betydelse är hur den probabilistiskt beräknade risken skall vägas samman med de deterministiska kraven, som kan sägas definiera en säker anläggning, i de fall det inte råder samstämmighet. I den riskinformerade tillsynen ingår att göra denna avvägning.

En av förutsättningarna för att kunna tillämpa riskinformerad tillsyn är att både SKI, tillståndshavarna och allmänheten har en gemensam uppfattning om och förtroende för principerna för bedömningarna och de analyser dessa bygger på. Detta ställer bl.a. krav på analysernas kvalitet och tydlighet.

I kapitel 8 beskrivs användning av PSA i riskinformerad verksamhet mera djupgående.

---

<sup>3</sup> Detta begrepp är ej fastställt ännu (maj 2004). Inom SKI diskuteras för närvarande hur riskinformerad tillsyn skall gå till mer i detalj.

## 4.4 Tillsyn av PSA

Med PSA avses i detta avsnitt PSA-dokumentet och PSA-modeller.

### 4.4.1 Kontroll av kravuppfyllande avseende säkerhetsanalyser

Ändringar i en anläggnings PSA och ändringar i SAR:s värdering av PSA skall enligt SKIFS 1998:1, 4 kap. 6 § [1] anmälas till SKI. Ändringar kan gälla anpassning av studien till anläggningsändringar, kvalitetshöjning och utvidgning av PSA-studier som sker som en följd av forskningsresultat inom analysområdet, utveckling av beräkningsverktyg och analysmetoder, eller utökade krav på PSA.

Vid en anmälan bedömer SKI om granskning skall ske. För PSA är grunden för om granskning skall ske eller ej bl.a. analysens omfattning, kännedom om analysens resultat och uppfattning om tillståndshavarens egenkontroll, samt om det rör sig om en tidigare ej redovisad analys och säkerhetsvärdering.

I samband med större analysprojekt som är utsträckta i tiden är det lämpligt att tillståndshavaren håller SKI övergripande informerat under projektets gång om projektets övergripande mål, tidplan, uppkomna förseningar m.m. Tidpunkten för dessa informationer styrs lämpligen av tillståndshavaren, mot bakgrund av dennes övergripande planering, eventuella förseningar och eventuella identifierade brister i anläggningen.

### 4.4.2 Granskning av PSA

SKI:s granskning av en tillståndshavares PSA syftar till att granska att PSA:n uppfyller fastställda krav i SKIFS 1998:1 [1], vilket bl.a. innebär att försäkra sig om att studierna har sådan kvalitet, djup och omfattning att de är användbara för sina syften, samt att PSA används på ett korrekt sätt i tillståndshavarens säkerhetsarbete

Ett ytterligare syfte är att få djupare kännedom om PSA-studierna som en del av säkerhetsredovisningen och att ge SKI den kompetens inom PSA-området och kännedom om PSA-modellerna som behövs för att värdera PSA-resultat och hantera ärenden.

Granskning av PSA är en verksamhet som Tillsynshandboken skall stödja och formerna för SKI:s granskning av PSA beskrivs i Tillsynshandbokens tillämpningsanvisning, kapitel 2.3.

## 4.5 Tillsyn av tillämpningar

Med tillämpning av PSA avses begränsade analyser, där en anläggnings PSA utnyttjas som ett sätt att generera säkerhetsrelaterad information<sup>4</sup>. Viktiga PSA-tillämpningar beskrivs i kapitel 6.1 (speciellt i fråga 6.1-6).

Förutom att PSA anmäls som ändring i en anläggnings säkerhetsredovisning kan PSA-baserade värderingar ingå som underlag i andra anmälningsärenden, såsom anläggningsändringar och ändringar i STF. Om tillståndshavaren inte inkluderat en PSA-baserad värdering i underlaget till ett ärende, men SKI anser att en analys är behövlig, begär SKI in denna kompletterande analys från tillståndshavaren.

---

<sup>4</sup> För ”PSA-tillämpningar” kan ofta även benämningen ”riskinformerade tillämpningar” användas.



Flera av de verksamheter som beskrivs i kapitel 6.1 bedrivs kontinuerligt, exempelvis riskuppföljning och utvärdering av RO. Tillsyn av dessa verksamheter sker via anläggningsbevakning och inspektioner.

SKI:s värderingsgrund baseras på att ändringar i anläggningen inte skall innebära att säkerheten försämras. Försämringar kan tillåtas men de skall då i normalfallet vara försumbara. Med försumbart bidrag till härdskadefrekvensen menas i detta fall ett absolut värde och inte ett relativt värde i förhållande till den totala härdskadefrekvensen. Ändringen skall värderas med anläggningens hela PSA (inre händelser, brand, översvämning etc.).

## 4.6 Värdering av PSA-resultat

I samband med granskning av en PSA eller PSA-tillämpning sker också en värdering av PSA-resultatet. Detta innebär att en bedömning görs av om det finns anledning för SKI att kräva utredningar eller säkerhetsförbättrande anläggningsändringar.

Tillståndshavarens värdering av PSA-resultat bör innehålla en redogörelse av hur väsentliga förutsättningar, konservatism, möjliga icke-konservatism m.m. påverkar resultatet. Vidare bör den innehålla en tydlig beskrivning av de bakomliggande orsaker som bidrar till de dominerande sekvenserna samt en eventuell åtgärdsplan. Denna redovisning utgör en viktig grund för SKI:s värdering, och diskuteras i detalj i kapitel 6.2.

Enligt SKIFS 1998:1, 7 kap. 1 § [1] skall uppdagade förhållanden av väsentlig betydelse för säkerheten i en anläggning utan dröjsmål rapporteras till SKI. Hantering av dessa händelser är densamma, oberoende av om upptäckten sker med hjälp av PSA eller på annat sätt. Om man således under genomförandet av en PSA identifierar avvikelser mot licensieringskraven skall tillståndshavaren begära dispens från säkerhetsredovisningen eller anmäla ändring av säkerhetsredovisningen.

Tillståndshavarna har utarbetat egna säkerhetspolicyn där bl.a. mål för PSA-resultaten finns med. För samtliga tillståndshavare innebär detta att målet för härdskada satts till  $1 \cdot 10^{-5}$ /år; även mål för stora radioaktiva utsläpp har definierats. Målen kompletteras med kriterier som syftar till en jämn riskbild.

SKI har i genomförda granskningar och värderingar inte ifrågasatt de uppsatta måltalen, SKI anser dock att det faktum att måltalen definierats innebär att överskridanden av måltalen måste värderas. Några kvantitativa gränser som okritiskt tillämpas vid avvikelser från måltalen har dock varken SKI eller tillståndshavarna. En bedömning av säkerheten och hantering av avvikelser från säkerhetsmål görs som en sammantagen bedömning där PSA-resultatet är ett bidrag.

## 5 Organisatoriska frågor och kvalitetssäkring

Kvaliteten, relevansen och användbarheten hos en PSA bestäms i stor utsträckning av det sätt på vilket tillståndshavaren bedriver sin PSA-verksamhet. Inom detta kapitel behandlas frågor av detta slag, nämligen:

- 5.1 Kvalitetssäkring
- 5.2 Kompetens
- 5.3 Dokumentation

Diskussionen kring dessa frågor fokuserar på processer som skall stödja tillståndshavarens utveckling och användning av PSA.

### 5.1 Kvalitetssäkring

Tillståndshavarnas PSA-arbete inkluderar två olika slag av insatser, dels genomförande av grundanalyser och större uppdateringar av dessa, dels PSA-tillämpningar och annat löpande analysarbete. I det förra fallet görs en revision av anläggningens PSA. I det senare fallet används en befintlig PSA för att analysera specifika säkerhetsfrågor.

Kvalitetssäkring av PSA-verksamheten och av större separata PSA-projekt är nödvändig vid framtagning och utveckling av studien; detta inkluderar även dokumenthantering samt styrning och genomförande av uppdateringar.

#### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 5.1-1 Kvalitetsledningssystemet övergripande nivå
  - a. Finns SKI:s krav för området PSA angivna?
  - b. Finns tillståndshavarens tolkning av kraven dokumenterad?
  - c. Finns det angivet var man kan finna hur PSA-verksamheten skall genomföras med åtföljande instruktion/er?
- 5.1-2 Kvalitetsledningssystemets lägre nivå / Innehåller beskrivningen av PSA-verksamheten:
  - a. hur PSA-analyser tas fram inklusive ansvar och befogenheter?<sup>5</sup>
  - b. instruktion/er för hur projektarbete i större projekt skall styras<sup>6</sup>?
  - c. hur resultaten från analyserna dokumenteras och fastställs<sup>7</sup>?
  - d. hur resultaten värderas och används?<sup>8</sup>
  - e. hur resultaten sprids till berörda?<sup>9</sup>

P	T	I
		X
		X
		X
		X
		X
		X
		X
		X

<sup>5</sup> Exempelvis i form av mindre eller större projekt

<sup>6</sup> Inklusive rutiner som styr övervakning av projektets tidplaner

<sup>7</sup> Inklusive rutiner för hantering av dokument och datorfiler

<sup>8</sup> Exempelvis i form av riskinformerat arbetssätt

<sup>9</sup> Exempelvis i form av utbildning

## Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
f. hur de dokumenterade analyserna hålls aktuella?			X
g. hur erfarenhetsåterföring sker?			X
h. rutiner som styr övervakning av projektets tidplaner?			X
5.1-3 Blir området PSA föremål för regelbundet återkommande kvalitetsrevisioner?			X
5.1-4 Är programvara för felträdsanalyser och för deterministiska analyser som används i PSA-verksamheten kvalitetssäkrad?			X
5.1-5 Används tillståndshavarens erfarenhetsåterföringssystem för att stödja PSA <sup>10</sup> ?			X
5.1-6 Används instruktioner och metodbeskrivningar för styrning och genomförande av PSA, både på överordnad nivå och för viktigare delanalyser?	X		X
5.1-7 Är instruktioner och metodbeskrivningar av god kvalitet <sup>11</sup> ?	X		X
5.1-8 Genomförs primär och fristående säkerhetsgranskning av resultaten av PSA-verksamheten <sup>12</sup> ?			X
5.1-9 Styrts säkerhetsgranskningen i nödvändig utsträckning av skrivna instruktioner <sup>13</sup> ?			X
5.1-10 Inkluderar den fristående granskningen en integrerad granskning av PSA:n som helhet (d.v.s. ej begränsas till en serie granskningar av PSA:ns delanalyser)?	X		X
5.1-11 Omfattar den fristående granskningen en granskning av PSA:ns resultat och slutsatser samt av den säkerhetsvärdering tillståndshavaren gjort av dessa? <sup>14</sup>	X	X	X
5.1-12 Är resultat av PSA analys säkerhetsvärderad i SAR och görs i denna en värdering av om en uppdagad risk är acceptabel och att berörd anläggning kan drivas vidare?	X	X	
5.1-13 Behandlas PSA-dokumentationen som anläggningsteknisk dokumentation (liksom SAR och STF)?			X
5.1-14 Har tillståndshavaren utarbetat en PSA-plan, som inkludera en tid- och aktivitetsplan för framtida utveckling <sup>15</sup> ?			X
5.1-15 Specificerar PSA-planen planerade åtgärder på kort och lång sikt?			X

<sup>10</sup> Förutom normal egen erfarenhetsåterföring, ingår exempelvis att uppmärksamma generiska problem och inträffade händelser i andra anläggningar.

<sup>11</sup> Metodbeskrivningar förväntas normalt summera kravbild och tolkningen av denna för PSA-arbetet, och generellt beskriva hur data för behandlad delanalys genereras, hur delanalysen utförs och dokumenteras, samt dess växelverkan med andra delanalyser.

<sup>12</sup> Detta inkluderar instruktioner, metoder, analyser och resultat.

<sup>13</sup> Instruktionerna kan vara olika detaljerade, men behöver i vissa fall vara ganska specifika, exempelvis för den primära säkerhetsgranskningen av FMEA och händelseträdsanalyser.

<sup>14</sup> Säkerhetsvärderingarna kan ingå i PSA:n eller utgöra ett separat dokument.

<sup>15</sup> Detta inkluderar fortsatt arbete med att säkerställa att PSA:n är fullständig samt att den återspeglar aktuell anläggningsutformning, aktuella drifterfarenheter och praxis och kunskapsläge inom PSA.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 5.1-16 Har tillståndshavaren utvecklat rutiner för hantering av kommentarer från granskningar?<sup>16</sup>
- 5.1-17 Har kommentarer från SKI:s granskningar av tidigare PSA-versioner hanterats på ett strukturerat sätt?

P	T	I
		X
X		X

## 5.2 Kompetens

PSA-arbetet präglas av fluktuationer i arbetsbelastning, vilket påverkar tillståndshavarens organisation m.a.p. PSA. Normalt utförs större PSA-projekt till en betydande del utanför tillståndshavarens organisation av specialiserade konsulter. Tillståndshavarens PSA-arbete styrs och samordnas dock alltid av en egen PSA-grupp.

Arbets sättet, med utnyttjande av externa konsulter för delar av PSA-arbetet, ställer krav på beställarkompetens. Denna är en förutsättning för att kunna styra och följa upp arbetet, specificera organisationens behov, identifiera användningsområden, och vara styrande i användningen av PSA.

Utöver beställarkompetens kräver en PSA-verksamhet av god kvalitet, att det hos tillståndshavarna finns egen personal som är så väl insatt i studierna att den själva kan modifiera PSA-modellen, utföra analyser när säkerhetsfrågor skall utvärderas, och dra slutsatser av analysernas resultat.

För att skapa och vidmakthålla nödvändig kompetens krävs att den egna personalen själv arbetar med PSA. Därför bör en noggrann avvägning göras mellan utnyttjandet av egen personal och av externa konsulter. För större PSA-projekt kan det även fortsättningsvis vara lämpligt att anlita specialiserade konsulter.

Tillståndshavarens PSA-verksamhet och relevansen i genererade PSA-modeller bygger inte endast på PSA:s omfattning och täckningsgrad, utan förutsätter också deltagande i annan verksamhet som stödjer PSA, såsom primär säkerhetsgranskning, dataanalys och forskningsverksamhet. Forskningsverksamhet kan bedrivas av tillståndshavaren ensamt eller gemensamt av flera tillståndshavare, ibland med deltagande även av SKI eller andra parter.

Det bör slutligen betonas att det finns beröringspunkter mellan PSA och annan verksamhet hos tillståndshavaren. Viktiga exempel är MTO-verksamhet, underhåll och testning, strukturanalys, STF, erfarenhetsåterföring, haverianalys, forskning och utveckling, brandskydd och utbildning.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 5.2-1 Övergripande punkter rörande kompetens:
- Finns en dokumenterad kompetensanalys baserad på en uppgiftsanalys av PSA-verksamheten och med kompetensbehov på kort och lång sikt?
  - Finns en dokumenterad bemanningsanalys som omfattar behov på kort och lång sikt?

P	T	I
		X
		X

<sup>16</sup> Detta kan gälla kommentarer från såväl primär och fristående granskning samt från SKI:s granskning.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
c. Genomförs och dokumenteras regelbundet s.k. gapanalyser av kompetens och bemanning?			X
d. Åtgärdas de identifierade gapen?			X
5.2-2 Har tillståndshavaren tillsett att det finns tillräckligt med personal som innehar den kompetens och lämplighet i övrigt som behövs för följande uppgifter?			
a. Bedöma när en PSA-analys behövs för att utvärdera ändringar i anläggning eller STF, bedöma dispenser m.m.			X
b. Genomföra PSA-analyser som stöd för beslut i säkerhetsfrågor.			X
c. Värdera konstaterade eller potentiella säkerhetsfrågor av betydelse som har identifierats inom PSA-arbetet.			X
d. Kontinuerligt bedriva PSA-verksamheten hos tillståndshavaren med hög kvalitet.			X
e. Följa utvecklingen inom PSA-området i stort			X
f. Bedriva utveckling inom områden som är speciellt viktiga för den egna användningen av PSA.			X
5.2-3 Täcker tillståndshavarens kompetens m.a.p. PSA-verksamhet följande områden <sup>17</sup> ?			
a. Anläggningskännedom			X
b. Kännedom om centrala dokument, exempelvis SAR och STF.			X
c. Kännedom om programvara för hantering och analys av PSA-modell			X
d. Kännedom om deterministiska analyser, inklusive användning av programvara			X
e. Kännedom om analys av manuella ingrepp, inklusive koppling till tillståndshavarens MTO-verksamhet.			X
f. Omvärldsbevakning PSA			X
g. Kännedom om vilka krav som ställs centralt på en säkerhetsvärdering	X	X	X
5.2-4 Är PSA-verksamhet bemannad på ett sätt som säkerställer dess kontinuitet över tiden?			X
5.2-5 Inkluderar tillståndshavarens PSA-verksamhet, utöver det faktiska PSA-arbetet, även aktivt deltagande i annan verksamhet som stödjer PSA, såsom dataanalys, deltagande i forskningsverksamhet, m.m.?			X

<sup>17</sup> Kompetensen kan finnas inom PSA-gruppen eller genom samarbete med andra enheter hos tillståndshavaren.

## 5.3 Dokumentation

En PSA:s dokumentation är komplex, och består av både en omfattande skriven dokumentation och en datorbaserad anläggningsmodell. Även andra delar av analysen kan ha dokumenterats i elektronisk form, exempelvis FMEA och feldatabaser.

I tillsynshandbokens beskrivning av PSA:ns olika delmoment (kapitel 7) uttrycks krav på dokumentationen av analysen. Dessa krav upprepas inte i detta avsnitt. I stället är avsikten att summera generella krav på dokumentationen av delanalyserna. Kraven gäller i flertalet fall både för en komplett PSA och för begränsade PSA-tillämpningar.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	<b>P</b>	<b>T</b>	<b>I</b>
5.3-1 Har PSA:n/PSA-tillämpningen dokumenterats på ett sådant sätt att den är begriplig för sin målgrupp?	X	X	
5.3-2 Är dokumentationen av PSA:n/PSA-tillämpningen väl strukturerad, d.v.s. har den en väl genomtänkt grundläggande dokumentationsstruktur och rubriksättning?	X	X	
5.3-3 Vid uppdatering av en PSA, har viktigare förändringar relativt den tidigare gällande versionen dokumenteras?	X		
5.3-4 Är information som krävs för att förstå resultaten av PSA:n/PSA-tillämpningen lätt att lokalisera?	X	X	
5.3-5 Finns tillräckliga och tydliga interna och externa referenser <sup>18</sup> ?	X	X	
5.3-6 Är det baserat på redovisad information och referenser möjligt att reproducera samtliga resultat i PSA:n/PSA-tillämpningen <sup>19</sup> ?	X	X	
5.3-7 Är det baserat på redovisad information och referenser möjligt att göra en värdering av projektets kvalitet?	X	X	
5.3-8 Är referenser till större dokument (t.ex. SAR eller annan PSA) tillräckligt specifika (identifiera relevant avsnitt)?	X	X	
5.3-9 Är externa referenser som används i analysen relevanta <sup>20</sup> ?	X	X	
5.3-10 Om delar av analysen dokumenterats i form av elektroniska dokument, gäller frågor ovan rörande begriplighets och spårbarhet även dessa <sup>21</sup> .	X	X	

<sup>18</sup> Gäller exempelvis logikskemor, FMEA, olika databaser, ritningar och komponenters rumstillhörighet.

<sup>19</sup> Detta innebär att om en bedömning eller värdering i PSA:n baseras på någon form av analys, bör denna antingen redovisas i sin helhet, eller vara lokalisierbar genom att en fullständig referens ges. Detta gäller exempelvis bakomliggande analyser, använda modeller, antaganden och förutsättningar samt använda data.

<sup>20</sup> Detta innebär normalt att senaste version av referensen används och att referensen speglar analysstatus ("state of the art") inom sitt användningsområde.

<sup>21</sup> Detta gäller inte minst de delar av analysen som genomförts och/eller dokumenterats i databaser och kalkylblad.

## 6 Användning av PSA

Detta kapitel behandlar användning av PSA i olika sammanhang. Ordet *användning* har här en vid betydelse och avser alla situationer där PSA-resultat eller -modeller används för att generera beslutsunderlag i frågor som kan ha säkerhetsmässig betydelse. Det kan röra sig både om resultatanalys i samband med att en PSA färdigställs för första gången och senare analyser som utnyttjar en existerande PSA, inklusive riskinformerad användning av PSA.

Följande delavsnitt ingår i kapitlet:

- 6.1 Användare och användningsområden
- 6.2 Resultatpresentation och värdering av resultat
- 6.3 Beslutskriterier

### 6.1 Användare och användningsområden

Utformning, innehåll och genomförande av en PSA eller en PSA-tillämpning baseras ytterst på det sätt på vilket man vill använda dem, och på vem som skall använda dem.

Specificeringen av användare och användningsområden är således en viktig utgångspunkt för genomförandet av en PSA, eftersom dessa direkt eller indirekt kommer att ställa krav på PSA:ns förutsättningar och uppläggning samt på utformning och innehåll i PSA:ns resultatpresentation.

#### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 6.1-1 Beskrivs användare och användningsområden i PSA:n/PSA-tillämpningen, och underbyggs urvalet med ett resonemang eller hänvisning till separat dokument?
- 6.1-2 Är användningen av PSA för en specifik tillämpning validerad<sup>22</sup>?
- 6.1-3 Är PSA:n utformad så att den, förutom att kunna användas av tillståndshavarnas säkerhetsavdelningar, även fungera som en redovisning till SKI (samhället) som visar att anläggningen är tillräckligt säker?
- 6.1-4 Kan andra intressenter med god kunskap om kärntekniska anläggningar, men som inte är PSA-expert, överblicka och förstå PSA:n/PSA-tillämpningen och dess resultat?
- 6.1-5 Kan PSA:n användas inom följande områden?
  - a. Identifiering och prioritering av säkerhetshöjande åtgärder som kan behöva genomföras i anläggningen
  - b. Utvärdering av planerade eller genomförda anläggningsändringar<sup>23</sup>

	P	T	I
6.1-1	X	X	
6.1-2		X	
6.1-3	X		
6.1-4	X	X	
6.1-5			
a.	X		
b.	X		

<sup>22</sup> Om en PSA i en tillämpning används inom ett område som ej ursprungligen specificerats, bör detta påpekas och det bör visas att användningen ger relevanta resultat.

<sup>23</sup> Ändringarna kan beröra system, instruktioner eller underhåll.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- c. Utvärdering av inträffade händelser (riskuppföljning)<sup>24</sup>
- d. Utveckling av krav i STF och SAR
- e. Verifiering av vissa deterministiska krav<sup>25</sup>.
- f. Värdering av anläggningens risknivå mot säkerhetsmål
- g. Tidsberoende riskuppföljning
- h. Värdering av dispenser från vissa av SKI:s föreskrifter
- i. Utbildning av personal<sup>26</sup>
- j. Underhållsplanering

P	T	I
X		
X		
X		
X		
X		
X		
X		
X		

## 6.2 Presentation och värdering av resultat

Sättet att presentera en PSA:s eller PSA-tillämpnings resultat sätter gränser för dess användning och tolkning, och påverkar därmed förutsättningarna för en PSA-baserad beslutsprocess.

Med resultat avses allt som behövs för att kunna förstå och tolka en PSA, d.v.s.

- Kvantitativa resultat
- Beskrivning av antaganden och förutsättningar
- Beskrivning av använda modeller och data
- Kvalitativa resultat, inklusive resultat från PSA:s delanalyser.

Tabell 6-1 visar viktiga områden för resultatpresentation i en PSA.

---

<sup>24</sup> Inkluderar händelser som resulterat i RO och i annan händelserapportering.

<sup>25</sup> Exempel på tillämpningar är verifiering av enkelfelskriteriet eller brandseparation.

<sup>26</sup> Exempelvis utbildning av kontrollrumsoperatörerna på de för härdskadefrekvensen mest betydelsefulla operatörsingreppen.



Tabell 6-1 Viktiga områden för resultatpresentation i en PSA

Kvantitativa resultat
1. Absolutnivå för risk
2. Presentation av de viktigaste bidragen till totalrisken
3. Listor över minimala cutsets (med tillräckligt upplösning). Listor presenteras på olika nivåer (per inledande händelse, per sluttillstånd, per sekvens)
4. Viktighetsmått på system- och komponentnivå (möjliggör identifiering av potentiellt stora riskbidrag)
5. Presentation av osäkerheter (baserat på osäkerhets- och känslighetsanalys)
Kvalitativa resultat
1. Tolkning av resultaten utgående från anläggningens utformning (t.ex. inverkan från otillräcklig subseparation)
2. Viktiga slutsatser (kvalitativt uttryckt)
3. Beskrivning och värdering av viktiga förutsättningar och begränsningar
4. Presentation av svaga (eller viktiga) punkter m.a.p. system, komponenter, mänsklig växelverkan m.m.
5. Identifiering och värdering av svagheter, kunskapsluckor eller osäkerheter med stor resultatpåverkan
6. Värdering av inverkan från faktorer som kan påverka eller försvåra prioritering av åtgärder (t.ex. med känslighetsanalyser)

Värdering av resultat innebär ofta att någon form av jämförelse står i fokus, exempelvis jämförelse av risken från inre händelser med risken från rumshändelser. Skillnader i grundförutsättningar för analyserna kan göra en sådan jämförelse problematisk<sup>27</sup>. I en integrerad riskjämförelse, som inkluderar resultat från analys av olika inledande händelser med fundamentalt olika karaktär och anläggningspåverkan, blir därför relevansen i jämförelsen en kritisk fråga.

#### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
6.2-1 Utgår resultatpresentation i PSA:n/PSA-tillämpningen från den information analysens målgrupper behöver för att rätt kunna utnyttja resultaten?	X	X	
6.2-2 Verifieras det, som en del i PSA:ns/PSA-tillämpningens resultatdiskussion att studien verkligen är användbar inom specificerade användningsområden (enligt kapitel 6.1)?	X	X	
6.2-3 Berör resultatpresentationen både absoluta och relativa kvantitativa resultat <sup>28</sup> ?	X	X	
6.2-4 Utnyttjas osäkerhets- och känslighetsanalysen samt viktighetsmått aktivt i resultatanalysen både för att ge perspektiv på resultaten och för att bedöma PSA-modellens robusthet <sup>29</sup> ?	X	X	

<sup>27</sup> Liknande problem finns även vid analys av inre händelser, t.ex. vid jämförelse mellan risker från transienter och LOCA.

<sup>28</sup> Detta innebär exempelvis att den lyfter fram och diskuterar risktoppar och tolkar resultaten i termer av styrkor och svagheter i anläggningen.

<sup>29</sup> Viktigare antaganden i PSA:ns delanalyser (analys av manuella ingrepp etc.) kan ingå i PSA:ns känslighetsanalys

## Viktiga aspekter vid bedömningen

		P	T	I
6.2-5	Innehåller PSA:n/PSA-tillämpningen en beskrivning och värdering av modellernas inneboende osäkerheter (data, metoder, förutsättningar, begränsningar, fullständighet, realism, konservatism, etc.) <sup>30</sup> ?	X	X	
6.2-6	Innehåller resultatanalysen en diskussion av möjliga icke-konservativa antaganden, data och modeller <sup>31</sup> ?	X	X	
6.2-7	Har trunkeringsvärden i kvantifieringar valts så att relevanta och användbara listor över minimala cutsets fås <sup>32</sup> ?	X	X	
6.2-8	Formuleras slutsatser och rekommendationer m.a.p. följande?			
	a. Föreliggande resultat av PSA:n/PSA-tillämpningen.	X	X	
	b. Modifierings- och utvecklingsbehov för att förbättra de framtida möjligheterna att använda PSA:n inom önskvärda användningsområden	X	X	
	c. Förslag till och värdering av anläggningsändringar	X		
	d. Diskussion och dokumentation av ofullständigheter och kända konservatism/icke-konservatism	X		
6.2-9	Presenteras kvantitativa och kvalitativa resultat inom de områden som presenteras i Tabell 6-1?	X		
6.2-10	Har realism eftersträvat vid val av data, parametrar och förutsättningar? <sup>33</sup>	X	X	
6.2-11	Har viktiga förutsättningar valts på ett sådant sätt att inga onödiga skillnader byggts in i analyserna <sup>34</sup> ?	X		
6.2-12	Kan omkvantifieringar och känslighetsanalyser av felträdsmodellerna genomföra med rimliga insatser och med acceptabel exekveringstid <sup>35</sup> ?	X	X	
6.2-13	En PSA kan av olika skäl vara ofullständig. Om detta gäller för granskad studie, har en värdering av icke analyserade risker gjorts i väntan på att kompletterande analyser genomförs <sup>36</sup> ?	X		

<sup>30</sup> Detta är en viktig utgångspunkt för känslighetsanalysen.

<sup>31</sup> Detta förutsätter bl.a. rimligt val av trunkeringsvärden och analys av viktighetsmått.

<sup>32</sup> Exakta kriterier är svåra att ange, men som referens kan kravet från EUR:s PSA-metodik [30, kap 2.17.3.8.2] användas, d.v.s. att listan över minimala cutsets för en missödessekvens skall spänna över tre dekader och aldrig ha högre trunkeringsvärde än  $10^{-9}$ /år.

<sup>33</sup> Om en realistisk ansats av olika skäl ej är möjligt, bör en motivering ges och resultatpåverkan uppskattas, exempelvis med känslighetsanalys. Målet bör vara att uppnå jämförbarhet mellan de olika riskbidrag som uppskattas i PSA:n, d.v.s. både från olika kategorier av inledande händelser och från olika drifttillstånd

<sup>34</sup> Detta gäller t.ex. val av data och modeller (CCF, MTO m.m) i olika delanalyser i PSA:n.

<sup>35</sup> Detta är speciellt viktigt vid PSA-tillämpningar som skall kunna genomföras inom kort tid, t.ex. värdering av inträffade händelser.

<sup>36</sup> Detta kan ske exempelvis genom förenklade beräkningar eller hänvisning till analyser av andra anläggningar.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 6.2-14 Är analysen och resultatpresentationen i PSA-tillämpningen tillräckligt omfattande, d.v.s. sätts resultaten in i ett sammanhang<sup>37</sup>?
- 6.2-15 Har det vid PSA-tillämpning som rör anläggningsändringar säkerställts att den föreslagna ändringen är förenlig med djupförsvarsprincipen och att erforderliga säkerhetsmarginaler föreligger efter att ändringen är genomförd<sup>38</sup>?
- 6.2-16 Om PSA:n eller PSA-tillämpningen är en uppdatering av en tidigare analys, förklaras större skillnader i kvalitativa och kvantitativa resultat relativt den tidigare analysen?
- 6.2-17 Vid uppdatering av en PSA, har inverkan av införda ändringar på tidigare genomförda PSA-tillämpningar bestämts?
- 6.2-18 Har tillståndshavaren gjort en säkerhetsvärdering av resultat från PSA-analys eller PSA-tillämpning?
- 6.2-19 Innehåller SAR<sup>39</sup> en summering och värdering av aktuell PSA:s viktigaste resultat.
- 6.2-20 Om presenterade PSA-resultat är oväntat höga i förhållande till tidigare analysresultat, har detta hanterats på ett korrekt sätt av tillståndshavaren<sup>40</sup>?
- 6.2-21 Har det baserat på problem, kvalitetsbrister och kunskapsluckor som identifieras i PSA-arbetet givits rekommendationer om verksamhet som stödjer PSA, såsom dataanalys, deltagande i forskningsverksamhet, m.m.?

P	T	I
	X	
	X	
X	X	
	X	X
X	X	X
		X
X		X
X		

## 6.3 Beslutskriterier

I samband med värderingar av PSA-resultat, inom de användningsområden som finns specificerade i avsnitt 6.1, finns behov av att använda beslutskriterier. Det är naturligt att utnyttja kvantitativa beslutskriterier i samband med PSA. I praktiken finns det ofta även ett behov att värdera kvalitativa aspekter.

En styrka i PSA är att den förhållandevis effektivt kan identifiera relativa svagheter; däremot är absoluta risknivåerna i allmänhet mera osäkra. Av detta skäl har länge det funnits en tveksamhet till att ange absoluta värden som kriterier för åtgärder. Det är också möjligt att en effektiv riskhantering inte ensidigt skall fokusera på om den beräknade risken ligger över eller under en specificerad risknivå. Dessutom finns en risk att införande av numeriska kriterier motverkar sitt syfte, genom att skapa en skarp gräns för när åtgärder behöver vidtagas.

---

<sup>37</sup> En alltför snäv avgränsning av en analys kan medföra bristande överblick över säkerhetsfrågan samt att eventuella negativa aspekter inte kommer fram.

<sup>38</sup> Detta kan vara viktigt eftersom PSA inte fullt ut kan modellera alla nivåer i djupförsvaret.

<sup>39</sup> I kapitel 6.18 eller motsvarande.

<sup>40</sup> I ett sådant fall bör skall orsaken fastställas. Om de höga resultaten inte förklaras av felaktigheter i modellen eller av alltför konservativa antaganden eller data, bör rapportering till driftledningen ha skett utan dröjsmål, för säkerhetsvärdering och beslut om fortsatta åtgärder.

Detta synsätt var förhärskande under det första decenniet av PSA-tillämpning i Sverige, och påverkade också PSA-modellerna. Förutsättningar och data valdes i första hand för att anläggningens svaga punkter skulle kunna identifieras och inte för att få bästa uppskattning av härdskadefrekvensen. När väl de relativt sett svaga punkterna hade pekats ut gjordes en bedömning (främst baserad på de tekniska orsakerna till de dominerande härdskadesequenserna) av om det var bäst att genomföra en anläggningsändring eller om det med en förfinad analys skulle kunna visas att de dominerande bidragen inte var relevanta. Detta fungerade väl, såtillvida att relativa svagheter identifierades i många fall, och åtgärder vidtogs för att eliminera dessa i de fall det kunde konstateras att den tekniska utformningen hade brister. De brister som fanns i modellerna bedömdes visserligen men accepterades i stort.

Med tiden har dock fokuseringen mot absoluta riskvärden ökat. Att använda sig av måltal har visat sig nödvändigt för att underlätta användningen av PSA som ett stöd för säkerhetsarbetet. Tillståndshavarna har probabilistiska mål i sin säkerhetspolicy. Måltalen ses i första hand som utvecklingsmål, med syftet att stödja organisationen i säkerhetsarbetet för att nå och vidmakthålla en hög säkerhetsnivå. Måltalen har också inneburit att identifierade relativa svagheter i högre grad än tidigare jämförs med absoluta nivåer<sup>41</sup>. Detta kräver i sin tur att modellernas inneboende osäkerheter i data, metoder, och förutsättningar bedöms i samband med värdering av dominerande resultat.

Sammanfattningsvis kan sägas att utvecklingen går mot mer realistiska PSA-modeller där resultatredovisningarna även värderar osäkerheternas natur och storlek och ökad grad av jämförelse mot probabilistiska kriterier vid beslut.

#### Viktiga aspekter vid bedömningen

- |  | P | T | I |
|--|---|---|---|
| 6.3-1 Har beslutskriterier för värderingar inom de användningsområden som specificerats i avsnitt 6.1 utvecklats och använts?  | X | X | X |
| 6.3-2 Finns både kvalitativa och kvantitativa beslutskriterier?  | X |   |   |
| 6.3-3 Beaktar utvecklade beslutskriterier osäkerhet, ofullständighet och jämförbarhet?   | X | X |   |
| 6.3-4 Har tillståndshavaren en strategi för hantering av avvikelser mellan beräknad risk (härdskadefrekvens eller frekvens för stora utsläpp) och koncernens säkerhetsmål? | X |   | X |

<sup>41</sup> Numerisk jämförelse av PSA:ns resultat (härdskadefrekvens eller frekvens för stora utsläpp) med tillståndshavarens riskmål antas utnyttja resultatens medelvärden. Detta har stöd i rekommendationer i EUR: PSA-metodik [30] och i Regulatory Guide 1.174 [66]

## 7 Genomförande av PSA

Detta kapitel berör PSA:n i sig, dess omfattning, genomförande och dokumentation. Det innehåller också en genomgång av en PSA:s olika analysområden. För dessa beskrivs SKI:s förväntningar m.a.p. innehåll, metodik, användning m.m.

Kapitlet är uppdelat i sju delavsnitt, där det första behandlar generella aspekter på PSA, medan övriga avsnitt går igenom PSA:s olika delanalyser:

- 7.1 PSA:s omfattning och täckningsgrad
- 7.2 Analys av inledande händelser
- 7.3 Sekvensanalys
- 7.4 Inneslutningsanalys
- 7.5 Systemanalys
- 7.6 Analys av manuella ingrepp
- 7.7 Analys av beroenden
- 7.8 Data

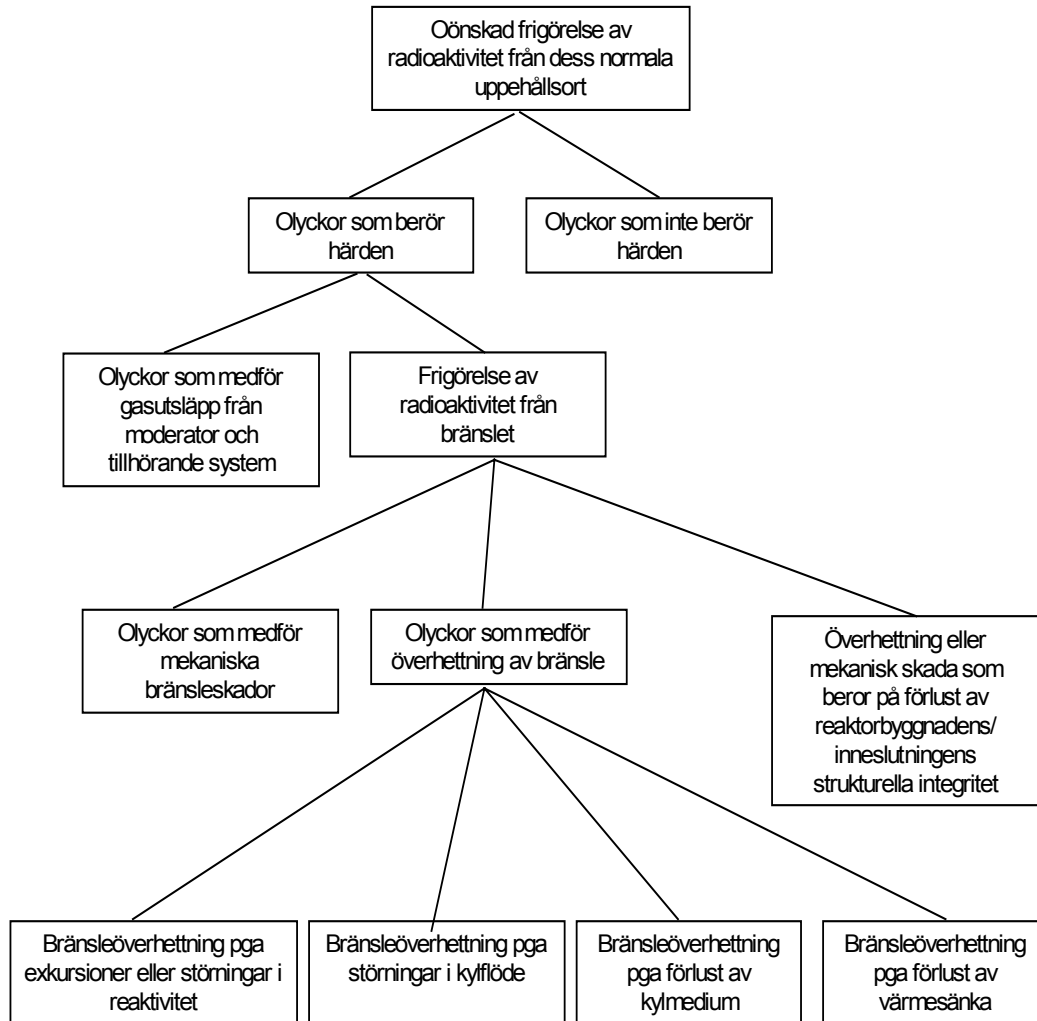
Alla diskussioner av presentation och värdering av PSA:ns resultat sker i kapitel 6.2.

Tillsynshandboken är tillämpbar på alla typer av inledande händelser och alla drifttillstånd. Detta innebär att detta kapitel inte gör någon uppdelning av PSA i inre och yttre händelser, effektdrift och avställning, eller nivå 1 och nivå 2 PSA. Samtliga delavsnitt är i stället, om inte annat sägs, generellt tillämpbara på alla dessa områden.

### 7.1 PSA:s omfattning och täckningsgrad

PSA:s omfattning med avseende på modellerade händelser i anläggningen och potentiella inledande händelser kan beskrivas med hjälp av ett master logic-diagram (MLD) på hög nivå, se Figur 7-1. Baserat på diagrammet identifieras alla missöden som kan medföra frigörelse av radioaktiva ämnen från deras normala uppehållsort (hård, bränslebas-säng, transportbehållare, m.m.).

En rättvisande riskbild förutsätter som ett minimikrav en fullständig analys, d.v.s. en analys som inkluderar alla driftfall och typer av inledande händelser som kan ge relevanta bidrag till anläggningens totalrisk.



Figur 7-1 Kategorier av missöden som kan medföra frigörelse av radioaktivitet

Detta ställer krav på att analysen skall täcka in alla anläggningens olika drifttillstånd. Normalt brukar man göra en uppdelning i fyra drifttillstånd, som i sin tur kan bestå av en eller flera faser:

- effekt drift
- nedgång till avställd reaktor
- avställd reaktor
- uppgång från avställd reaktor

Utöver dessa kan det finnas andra verksamheter som kräver analys av risk för frigörelse av radioaktivitet, t.ex. olika former av bränslehantering inom och utanför anläggningen; detta kan vara speciellt relevant för icke kraftproducerande anläggningar.

En fullständig riskbild kräver att det inom varje drifttillstånd görs en fullständig kartläggning av de inledande händelser som kan förekomma och resultera i risk för härdskada eller frigörelse av radioaktivitet. Detta ställer krav på analys av egna och andras drifterfarenheter för identifiering av vanliga och förekommande inledande händelser samt på en förutsättningslös analys med avseende på sällsynta inledande händelser. Analysen av inledande händelser diskuteras i detalj i avsnitt 7.2.

Tabell 7-1 visar ett exempel på hur en sammanfattande översikt över en PSA:s omfattning och planerade utveckling kan redovisas.

Tabell 7-1 Översikt över PSA-status (exempel)

Inledande händelser		Nivå 1 PSA			Nivå 2 PSA		
		Effektdrift	Uppgång/ Nedgång	Avställning	Effektdrift	Uppgång/ Nedgång	Avställning
<b>T<sub>x</sub></b>	Transienter	Ingår	Ingår	Planeras 200y		Planeras 200z	Planeras 200y
<b>CCI</b>	CCI hjälpsystem	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
	CCI processmätning	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
	CCI elsystem	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
<b>LOCA</b>	LOCA	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
	I-LOCA	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
	Y-LOCA	Ingår	Ingår	”	Ingår	”	”
<b>Rumshändelser</b>	Brand	Ingår	Ingår	”	Planeras 200y	”	”
	Översvämning	Ingår	Ingår	”	”	”	”
	Ängfrigörelse	Ingår	Ingår	”	”	”	”
	Övriga rumshändelser	Planeras 200x	Planeras 200x	”	”	”	”
<b>YH</b>	Yttre händelser	Planeras 200x	Planeras 200x	Planeras 200x	”	”	”
<b>Avst.</b>	Avställningsspecifika händelser			Planeras 200y			Planeras 200y

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 7.1-1 Har en systematisk procedur tillämpats för att identifiera möjliga källor till radioaktiva utsläpp<sup>42</sup>?
- 7.1-2 Är identifieringen av radioaktiva källor utanför härden tillräckligt grundlig för att tillåta en fullständig analys i nivå 2 PSA?
- 7.1-3 Har en systematisk procedur tillämpats för att identifiera relevanta drifttillstånd<sup>43</sup>?

P	T	I
X		
X		
X		

<sup>42</sup> En procedur liknanden den som presenteras i Figur 7-1 (master logic diagram) kan användas

<sup>43</sup> Detta inkluderar även fasindelning av drifttillsåndet, t.ex. avställningsperioden.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.1-4 Innehåller PSA:n en översikt över analysstatus <sup>44</sup> ?	X		
7.1-5 Finns det i PSA:n, eller som ett fristående dokument, en förteckning över större separata delanalyser i PSA:n och hur dessa sammanhänger dokumentations- och analysmässigt <sup>45</sup> ?	X		X
7.1-6 Har tillståndshavaren procedurer för att vid uppkommet behov inom rimlig tid uppdatera modellen att motsvara anläggningens status ("as-built") och analysstatus ("state of the art") inom PSA?	X		X
7.1-7 Bedriver tillståndshavaren ett fortlöpande arbete syftande till fördjupning och ökande realismen?			X

## 7.2 Inledande händelser

En inledande händelse är en händelse (störning eller missöde) som kräver automatiska eller operatörsinitierade åtgärder för att föra anläggningen till ett säkert och stabilt läge.

Detta ställer krav på säkerhetsfunktioner för att kontrollera reaktivitet, säkerställa härdens kylning, etc. Fel i någon säkerhetsfunktion kan resultera i ett oönskat sluttillstånd.

Viktiga kategorier av inledande händelser är:

1. Processhändelser  
Händelser som ligger inom processen, s.k. inre händelser.
2. Rumshändelser  
Händelser som har sitt ursprung utanför processen, men inom anläggningen.
3. Yttre händelser  
Händelser som har sitt ursprung utanför processen, och utanför anläggningen.

Analysen av inledande händelser omfattar tre steg:

- **Identifiering**  
Identifiering av händelser som kan leda till ett oönskat sluttillstånd. Detta sker genom granskning av anläggningens konstruktion och drifterfarenheter samt av annat relevant underlag, exempelvis internationella guider eller PSA för liknade anläggningar.
- **Kategorisering**  
I detta steg bestäms de anläggningsspecifika effekter som fås efter de olika inledande händelserna, och händelserna grupperas på ett sådant sätt att inledande händelser med likartad anläggningpåverkan grupperas tillsammans.
- **Kvantifiering**  
I kvantifieringen bestäms frekvenser för inledande händelser.

---

<sup>44</sup> Tabell 7-1 är ett exempel på en sådan översikt.

<sup>45</sup> Detta kan gälla exempelvis vid separat dokumentation av analyser av olika drifttillstånd (t.ex. effektdrift / avställning) eller grupper av inlednade händelser (t.ex. inre händelser / brand).



Det är här viktigt att beakta att även inledande händelser som ger ett försumbart bidrag till härdskadefrekvensen (nivå 1 PSA) kan ge ett signifikant bidrag till frekvensen för stora utsläpp (nivå 2 PSA).

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.2-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. <i>OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.</i>		X	
7.2-2 Finns det med använt arbetssätt förutsättningar att identifiera och analysera alla inledande händelser av betydelse?	X		
7.2-3 Inkluderar analysen någon systematisk metod som syftar till att säkerställa en så fullständig inventering av inledande händelser som möjligt <sup>46</sup> ?	X		
7.2-4 Vid sällning (screening) av inledande händelser, beaktar analysen även inledande händelser som ger ett försumbart bidrag till härdskadefrekvensen men som kan ge ett signifikant bidrag till frekvensen för stora utsläpp <sup>47</sup> ?	X		
7.2-5 Har tillräcklig motivering givits i fall när potentiellt relevanta inledande händelser har exkluderats ur analysen?	X		
7.2-6 Har inledande händelser grupperats så att händelser med likartad anläggningspåverkan (med avseende på både nivå 1 och nivå 2 PSA) modelleras gemensamt <sup>48</sup> ?	X		
7.2-7 Baseras identifieringen av Common cause initiators (CCI) på en tillräckligt detaljerad anläggnings-specifik analys?	X		
7.2.8 Inkluderar identifierade CCI även fall som inte medför automatisk avställning, men som kan det kräva omedelbar manuell nedgång eller senare nedgång p.g.a. krav i STF?	X		

<sup>46</sup> Exempel på sådana metoder är FMEA eller Master Logic Diagrams (MLD), Figur 7-1 visar som ett exempel den högsta nivån i ett MLD.

<sup>47</sup> Gränsen för försumbar frekvens kan inte definieras exakt, inte minst p.g.a. den stora osäkerheten vid skattningen av frekvens för sällsynta händelser med allvarlig konsekvens. Praxis i Sverige för PSA nivå 1 har varit att inkludera händelser med frekvens över  $1 \cdot 10^{-7}$ /år. Detta gäller under förutsättning att händelsen ej kan påverka inneslutningsfunktionen. Om denna påverkas, kan ytterligare kriterier behövas för att påvisa försumbarhet.

<sup>48</sup> Likartad anläggningspåverkan innebär att händelserna i en grupp förutsätter samma anläggningsrespons och operatörsingrepp samt att de har liknande systemkrav och tidsmässigt förlopp. Vid skillnader väljs det mest konservativa kravet.

## 7.3 Sekvensanalys

Sekvensanalysen skall, utgående från ett initialtillstånd (inledande händelse eller stationstillstånd), verifiera och modellera anläggningens respons och händelsens fortsatta utveckling. Den skall vidare karakterisera de olika sluttillstånd som denna utveckling kan resultera i.

Anläggningens respons på analyserade inledande händelser blir normalt olika för varje i PSA:n modellerad inledande händelse. Sekvensanalysen beaktar den direkta eller indirekta inverkan som den inledande händelsen har på säkerhetssystem eller hjälpsystem, tidsmässiga aspekter i utvecklingen av ett missöde och de kapacitetskrav som ställs på inblandade aktiva system.

Sekvensanalysen växelverkar med flertalet andra delanalyser i PSA:n, såsom analysen av inledande händelser, systemanalys, och analysen av manuella ingrepp, vilket medför att höga krav ställs på planering, genomförande och dokumentation av analysen.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 7.3-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. *OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.*
- 7.3-2 Har relevanta säkerhetsfunktioner för alla inledande händelser och drifttillstånd som ingår i analysen definierats i PSA:n?
- 7.3-3 Har säkerhetssystem, hjälpsystem och mänsklig växelverkan som aktivt eller passivt bidrar till att säkerhetsfunktioner etableras och upprätthålls identifierats?
- 7.3-4 Är systemkrav (både kapacitetskrav och tidsmässiga randvillkor för systemet) realistiska<sup>49</sup>?
- 7.3-5 Baseras systemkrav på SAR eller (om krav enligt SAR bedöms vara alltför konservativa) på verifierande beräkningar av mer realistiska krav?
- 7.3-6 Beaktar sekvensanalysen på ett korrekt och realistiskt sätt den direkta och indirekta inverkan som den inledande händelsen har på säkerhetssystem eller hjälpsystem<sup>50</sup>?
- 7.3-7 Tas rimlig kredit för återställning av felande system (recovery)<sup>51</sup>?
- 7.3-8 Har en relevant uppsättning sluttillstånd definierats<sup>52</sup>?
- 7.3-9 Har nivå 1-modellen utformats så, att en relevant uppsättning stationstillstånd (PDS, plant damage states) kan fås för nivå 2-analysen?

P	T	I
	X	
X		
X		
X		
X		
X		
X		
X		
X		

<sup>49</sup> Konservativa ansatser kan göras som en del i en sållning (screening) eller om riskpåverkan är ringa.

<sup>50</sup> Exempel är följdbrott i konsekvenslindrande system vid LOCA, systempåverkan vid CCI, och fysisk anläggningpåverkan vid rumshändelser eller yttre händelser.

<sup>51</sup> En förutsättning är att det finns instruktioner för den krediterade åtgärden.

<sup>52</sup> En relevant uppsättning sluttillstånden ger tillräcklig information för resultatanalys i nivå 1 PSA och underlättar en korrekt övergång mellan nivå 1 PSA och nivå 2 PSA.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 7.3-10 Analyseras sekvenser utan härdskada/utsläpp fram till en tidpunkt då ett säkert tillstånd etablerats<sup>53</sup>?
- 7.3-11 Beskrivs och motiveras kriterierna för ”säkert tillstånd” enligt 7.3-9?
- 7.3-12 Har växelverkan med andra analysmoment planerats i tillräcklig detalj<sup>54</sup>?

P	T	I
X		
X		
X		

## 7.4 Inneslutningsanalys

Inneslutningsanalysen ingår i PSA nivå 2, och utgör en fortsättning och fördjupning av sekvensanalysen. Den innehåller bl.a. följande viktiga delanalyser:

- Gruppering av härdskadesekvenser (nivå 1) till stationstillstånd
- Analys av inneslutningssystem
- Analys av fysikaliska fenomen efter härdskada
- Utveckling av haveriutvecklingsträd
- Bestämning av källtermer

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 7.4-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. *OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.*
- 7.4-2 Utnyttjas händelsesträdsteknik (haveriutvecklingsträd, HUT) för att analysera inneslutningens funktion efter ett härdsfälteförlopp?
- 7.4-3 Finns boolesk koppling mellan nivå 1 och nivå 2 PSA<sup>55</sup>?
- 7.4-4 Ingår analys syftande till identifiering av utsläppsvägar och bypass-sekvenser?
- 7.4-5 Ingår värdering av inneslutningens tålighet samt beräkning och värdering av inneslutningslaster?
- 7.4-6 Beaktas alla fysikaliska fenomen som kan uppträda i samband med svåra haverier och hota inneslutningens integritet?
- 7.4-7 Modelleras även fenomen som bedöms ge försumbart bidrag till risk-bilden i haveriutvecklingsträden<sup>56</sup>?

P	T	I
	X	
X		
X		
X		
X		
X		
X		

<sup>53</sup> I många PSA:er sätts denna gräns till 24 timmar, vilket normalt är en rimlig gräns men kan vara en alltför kort period för vissa sekvenser.

<sup>54</sup> I vissa fall kan växelverkan vara iterativ, t.ex. vid identifiering och analys av viktiga manuella ingrepp.

<sup>55</sup> Detta förutsätter att händelsesträd (nivå 1 PSA) och haveriutvecklingsträd (nivå 2 PSA) är kopplade i beräkningsmodellen.

<sup>56</sup> Detta är en förutsättning för att fenomenanalysen skall kunna värderas mot andra aspekter med känslighetsanalyser.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.4-8 Används verifierad och kvalitetssäkrad beräkningskod samt indata i haveri- och utsläppsanalyser?	X		
7.4-9 Har det i analysen upprättats en adekvat uppsättning av konsekvenser och sluttillstånd för haveriutvecklingsträden <sup>57</sup> ?	X		
7.4-10 Innehåller varje sluttillstånd en riskbedömning, en karakterisering av utsläppens storlek, tidsperiod och sammansättning samt eventuella andra aspekter som kan vara viktiga för att bedöma utsläppens konsekvenser?	X		
7.4-11 Har minst en deterministisk utsläppsberäkning genomförts för en representativ sekvens i varje utsläppskategori?	X		
7.4-12 Finns det en tydlig och tillräckligt detaljerad källtermsanalys?	X		
7.4-13 Har en känslighetsanalys av resultaten gjorts <sup>58</sup> ?	X		
7.4-14 Har modellering och kreditering av operatörsingrepp (inklusive återställning av felande system) baserats på anläggningens haveriinstruktioner?	X		
7.4-15 Beaktas det i modellering och resultatanalys att vissa sekvenser kan resultera i sluttillstånd som är betingat stabila, d.v.s. beroende av aktiva säkerhetssystem under mycket lång tid (>> 24 timmar)?	X		

## 7.5 Systemanalys

Systemanalysen syftar till att utveckla felträdsmodeller av system som direkt eller indirekt bidrar till att etablera och upprätthålla anläggningens säkerhetsfunktioner. I första hand modelleras aktiva system, men även passiva funktioner inkluderas i nödvändig utsträckning. Relevanta system har identifierats i sekvensanalysen, och systemkrav har bestämts baserat på de förutsättningar som ges av modellerade inledande händelser.

Systemanalysen baseras på en funktionsanalys, som inkluderar kartläggning av systemuppbyggnad, felmod- och effektanalys (FMEA) av systemet med avseende på felfall som definierats i sekvensanalysen, samt analys av drifterfarenheter.

Systemanalysens komponentmodell utgör en viktig förutsättning för dataanalysen, genom att specificera komponentavgränsningen och relevant växelverkan mellan komponent och anläggning. Normalt modelleras denna växelverkan i detalj i PSA:ns felträdsmodell.

Tämligen komplexa komponentmodeller behöver utvecklas för i första hand aktiva komponenter. Modellerna behöver i tillräcklig utsträckning inkludera primära komponentfel (oberoende fel och CCF), fel till följd av funktionella beroenden, fel till följd av rumsberoenden samt otillgänglighet till följd av test och underhåll. Modellernas utformning påverkas även av vilka inledande händelser som analyseras.

---

<sup>57</sup> Dessa beskriver olika händelsesekvensers karaktäristik avseende utsläppsstorlek, tidsintervall m.m.

<sup>58</sup> Detta är särskilt väsentligt för de fenomen vars konsekvensuppskattningar och uppkomstsannolikheter innehåller stora osäkerheter.

En viktig aktivitet är skapandet av felträdsmodellen baserat på information enligt ovan. Eftersom volymen och komplexiteten hos systemfelträden idag är avsevärd, regleras denna aktivitet normalt av instruktioner som syftar till att garantera konsistenta, uppdaterbara och granskningsbara felträd.

Systemanalysen växelverkar i stor utsträckning med andra analysområden, i första hand analysen av inledande händelse, sekvensanalys, analys av manuella ingrepp, dataanalys och beroendefelsanalys.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.5-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. <i>OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.</i>		X	
7.5-1 Är systemanalysen i nödvändig utsträckning anläggningsspecifik, både vad gäller kvalitativa data (funktionella beroenden m.m.) och kvantitativa data?	X		
7.5-2 Har systemmodeller utarbetats för de system och hjälpsystem som krävs för fullgörande av de säkerhetsfunktioner som identifierats i sekvensanalysen?	X		
7.5-3 Är systemfunktionerna i PSA desamma som de som finns angivna i SAR? Om skillnader finns, värderas inverkan på reaktorsäkerheten av eventuella förenklingar eller mera detaljerade analyser i PSA:n relativt SAR <sup>59</sup> ?	X		
7.5-4 I de fall system modelleras förenklat, har detta motiverats?	X		
7.5-5 Har anläggningsspecifika drifterfarenheter för systemet analyserats och redovisats <sup>60</sup> ?	X		
7.5-6 Har en systematisk metodik, t.ex. felmods- och effektanalys (FMEA), utnyttjats för att:			
a. koppla samman den kvalitativa systemanalysen med utvecklingen av systemfelträden <sup>61</sup> ?	X		
b. identifiera de komponentfelmoder som behöver inkluderas i systemmodellen och kvantifieras?	X		
7.5-7 Gällande modellering av tester och förebyggande underhåll:			
a. Har tester och förebyggande underhåll som medför att komponenter blir otillgängliga identifierats, beskrivits och införts i modellen som otillgänglighetsbidrag <sup>62</sup> ?	X		

<sup>59</sup> Skillnader kan bero t.ex. på mera detaljerad kännedom idag om vilka beroenden relaterade till kabeldragningar i anläggningen och signalkablar som kan uppstå vid en brand.

<sup>60</sup> Dessa kan innebära att systemmodellen behöver anpassas eller att speciella känslighetsanalyser behöver utföras.

<sup>61</sup> FMEA är även ett viktigt hjälpmedel för verifiering och granskning av systemanalyserna.

<sup>62</sup> Observera att även otillgänglighet vid reparation av icke funktionshindrande fel bör beaktas.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- b. Baseras modelleringen av test och underhåll (förebyggande såväl som avhjälpande) för komponenter och system på anläggnings-specifika felintensiteter och underhållstider?
  - c. Inkluderar definierade otillgänglighetstider enligt 7.5-5b utöver aktiv reparationstid även ställtider, väntetider samt tid till fel-upptäckt?
- 7.5-8 Inkluderar PSA:n en till PSA:n anpassad funktionsbeskrivning av modellerade system<sup>63</sup>?
- 7.5-9 Inkluderar komponentmodellen alla de typer av växelverkan mellan komponent och anläggning som är relevanta i analysen?
- 7.5-10 Har komponenters (funktioners) rumsberoende kartlagts och modellerats tillräckligt detaljerat för att möjliggöra värdering av inverkan från viktiga rumshändelser och identifiering av CCI:er?
- 7.5-11 Är systemens felträdsmodeller strukturerade på ett logiskt, överblickbart och granskningsbart sätt?
- 7.5-12 Har ett beteckningssystem för bashändelser utvecklats, och har det tillämpats konsekvent?
- 7.5-13 Har växelverkan med andra analysmoment planerats i tillräcklig detalj<sup>64</sup>?

P	T	I
X		
X		
X		
X		
X		
X		X
X		

## 7.6 Analys av manuella ingrepp

I en PSA ingår att analysera anläggningens växelverkan med operatörer och underhållspersonal före, under och efter en händelsesekvens med betydelse för PSA:ns sluttillstånd. Detta förutsätter en noggrann analys av anläggningens respons vid en störning och identifiering av bashändelser som beror av anläggningens växelverkan med operatörer eller underhållspersonal. Analysen är i hög grad anläggnings-specifik, och påverkas av bl.a. instruktioner, rutiner, bemanning och organisation.

En detaljerad uppgiftsanalys av operatörernas arbete utnyttjas för att bestämma hur processen kring olika manuella ingrepp ser ut och hur dessa delmoment samverkar till att de genomförs korrekt. Detta innebär en omfattande informationsinsamling och framtagning av en logik som beskriver denna process. De faktorer som kan påverka att uppgiften genomförs med framgång identifieras under analysen, vilket även kan skapa underlag för förbättringsförslag.

Beroenden mellan manuella ingrepp diskuteras i avsnitt 7.7.

---

<sup>63</sup> Detta är viktigt för förståelsen och användningen av PSA:ns resultat För detaljerad systeminformation och kompletta systemflödesschemor refereras lämpligen till SAR:s systemdelar.

<sup>64</sup> I vissa fall kan växelverkan vara iterativ, t.ex. vid identifiering och analys av viktiga manuella ingrepp.

## Viktiga aspekter vid bedömningen

		P	T	I
7.6-1	Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. <i>OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.</i>		X	
7.6-1	Har aktiviteter definierats som syftar till att generera en lista över situationer där krav ställs på manuella ingrepp och där fel, misstag och felgrepp kan inverka på processen eller på en inledande händelse <sup>65</sup> ?	X		
7.6-2	Har en procedur som medför en väl dokumenterad och och spårbar analys definierats för urvalsanalysen (screening), och har den använts konsekvent?	X		
7.6-3	Har de ingrepp som visat sig ha störst betydelse för PSA:ns slutresultat också modellerats med störst detaljeringsgrad?	X		
7.6-4	Har vedertagna och relevanta metoder använts för analys och kvantifiering av manuella ingrepp <sup>66</sup> ?	X		X
7.6-5	Har analysen av mänsklig växelverkan dokumenterats omsorgsfullt och i tillräcklig detalj <sup>67</sup> ?	X		
7.6-6	Har mänsklig växelverkan utvärderats på ett sätt som underlättar identifiering av kvalitativa insikter och ger underlag för redovisning av rekommendationer till förbättringar <sup>68</sup> ?	X		
7.6-7	Redovisas grunderna för tilldelade felsannolikheter på ett sätt som är granskningsbart, med tydligt dokumenterade tolkningar, antaganden och subjektiva bedömningar kring dessa?	X		
7.6-8	Används samma grundläggande metodik (urvalsprinciper, bedömningsgrunder och detaljeringsnivå) i alla PSA:ns delanalyser (PSA nivå 1 respektive nivå 2, inre händelser respektive rumshändelser, m.m.)?	X		
7.6-9	Har analysen skett i samverkan mellan systemanalytiker och MTO-analytiker för att ge en komplett och realistisk integrering av operatörsingrepp i PSA modellen?	X		

## 7.7 Analys av beroenden

Med den uppbyggnad säkerhetssystem i svenska kärnkraftverk har, med avsevärd redundans och diversifiering i kritiska funktioner, kommer i de flesta fall riskbilden att domineras av beroendefel, d.v.s. fel som samtidigt slår ut flera system eller systemstråk. Beroenden kan vara dels funktionella kopplingar mellan system och komponenter, dels

<sup>65</sup> Konservatism kan i detta skede vara nödvändig för att inte på ett alltför tidigt stadium stryka potentiellt viktiga ingrepp. Listan kan modifieras och reduceras i senare steg baserat på kvantitativ information, resultatanalys, eller kompletterande detaljanalys av ytterligare ingrepp.

<sup>66</sup> Frågan gäller även expertbedömningar, i den mån sådana har utnyttjats i analysen

<sup>67</sup> Detta inkluderar alla väsentliga analyssteg och information kring dessa.

<sup>68</sup> Förbättringar kan gälla t.ex. konstruktion, utbildning, arbetsmiljö, organisation, kommunikation, drift- och störningsinstruktioner eller test- och underhållsprocedurer

s.k. CCF (Common Cause Failures, fel i med gemensam orsak i redundanta komponenter).

Beroendefel ingår ofta i de dominerande härdskadesekvenserna. Det är därför viktigt att de blir föremål för en noggrann analys. Denna analys sker normalt inte samlat, utan ingår som ett delement i flera av PSA:ns delanalyser.

Tabell 7-2 ger en översikt över de typer av beroenden som kan behöva beaktas i en PSA; ur [83]. Beroenden kopplade till *inledande händelser* behandlas huvudsakligen i handbokens avsnitt 7.2.

Tabell 7-2 Översikt över typer av beroenden

	Beroendekategori	Beskrivning
Funktionella	Funktionella beroenden	Beroende via delad mekanisk eller elektrisk utrustning, såsom gemensamma hjälpsystem, elmatning eller kontrollsignaler.
	Beroenden via manuella ingrepp	Beroenden via gemensamma manuella ingrepp 1. Fel vid flera på varandra följande ingrepp efter transient eller missöde. 2. Systematiska test- eller underhållsfel
	Vaga beroenden (Subtle Dependencies)	Beroenden som inträffar endast under speciella driftbetingelser, och som inte detekteras vid tester eller under normaldrift.
Inledande händelser	CCI-beroende (Common Cause Initiators)	Inledande händelse som uppkommer p.g.a. fel i system eller komponent eller processtörning.
	Rumshändelser	Händelser som inträffar inom anläggningen, men utanför processen.
	Yttre händelser	Händelser som inträffar utanför anläggningen.
	Dynamiska effekter vid rörbrott	Fel som inträffar p.g.a. dynamiska effekter samtidigt med rörbrott.
CCF	CCF-beroende (Common Cause Failures)	Fel i flera identiska (eller mycket lika) komponenter på grund av gemensamma svagheter.

### Viktiga aspekter vid bedömningen

- 7.7-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. *OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.*
- 7.7-1 Identifieras och analyseras beroenden i alla berörda analysområden i PSA:n<sup>69</sup>?
- 7.7-2 Sker modelleringen av funktionella beroenden på en nivå som innebär att alla relevanta beroenden modelleras explicit i felträden?

P	T	I
	X	
X		
X		

<sup>69</sup> Detta gäller i första hand analysen av inledande händelser, sekvensanalys, systemanalys, analys av manuella ingrepp, och analys av erfarenhetsdata.



## Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.7-3 Analyseras och modelleras beroenden till följd av mänskligt felhandlande <sup>70</sup> ?	X		
7.7-4 Beaktas beroenden mellan konsekutiva manuella ingrepp, d.v.s. manuella ingrepp som i analysresultaten återfinns i samma minimala cutset?	X		
7.7-5 Analyseras beroenden kopplade till inledande händelser i tillräcklig detalj i analysen av inledande händelser?			
a. CCI (Common Cause Initiators)	X		
b. Rumshändelser	X		
c. Yttre händelser	X		
d. Dynamiska effekter vid rörbrott	X		
7.7-6 Innehåller studien en identifiering av sekvenser där system och komponenter kan utsättas för driftbetingelser som de ej är kvalificerade för <sup>71</sup> ?	X		
7.7-7 Utnyttjas en strukturerad och dokumenterad procedur för identifiering av komponenter (aktiva och passiva) som kan vara relevanta för CCF, och för identifiering av komponentgrupper känsliga för CCF (CCCG, common cause component groups) <sup>72</sup> ?	X		
7.7-8 Beaktar CCF-analysen möjliga beroenden mellan komponenter i olika system?	X		
7.7-9 Baseras kvantifieringen av beroenden av CCF-typ på en strukturerad och dokumenterad analys <sup>73</sup> ?	X		
7.7-10 Har vedertagna och relevanta metoder använts för analys och kvantifiering av beroenden av CCF-typ <sup>74</sup> ?	X		X

## 7.8 Analys av erfarenhetsdata

Dataanalysen har beröringspunkter med flertalet övriga delmoment i PSA:n. Normalt utförs dock endast delar av analysen som separata aktiviteter. Detta beror på att ansättningen av relevanta data ingår som en integrerad del i vissa delanalyser; främst gäller detta analyserna av inledande händelser, manuella ingrepp och beroenden (CCF).

Detta delavsnitt omfattar därför i första hand generella aspekter på dataanalys och användning av erfarenhetsdata.

<sup>70</sup> Detta gäller exempelvis systematisk felaktig basläggning av ventiler.

<sup>71</sup> Situationer av detta slag kan ge upphov till ytterligare beroenden.

<sup>72</sup> PSA-modellen kan utnyttjas i denna identifiering.

<sup>73</sup> Med tanke på den stora riskpåverkan från CCF-beroenden behövs bästa möjliga skattning av realistiska och om möjligt anläggnings-specifika parametrar.

<sup>74</sup> Detta inkluderar exempelvis olika parametriska CCF-modeller.

## Viktiga aspekter vid bedömningen

	P	T	I
7.8-1 Frågorna nedan gäller en komplett PSA, och kan normalt ej besvaras för en PSA-tillämpning. En översiktlig genomgång bör dock göras. <i>OBS: Eftersom PSA-tillämpningar normalt utnyttjar den kompletta PSA-modellen, är det viktigt att denna granskats med avseende på nedan listade aspekter.</i>		X	
7.8-1 Uppdateras PSA:n fortlöpande med aktuella data <sup>75</sup> ?	X		X
7.8-2 Har en kartläggning av tillgängliga och relevanta datakällor gjorts som en del av PSA:ns dataanalys?	X		
7.8-3 Har använda data där så är möjligt, baserats på den analyserade anläggningens drift <sup>76</sup> ?	X		
7.8-4 Har det, i de fall icke anläggningsspecifika data har använts, visats att dessa är relevanta för den analyserade anläggningen?	X		
7.8-5 Har en genomgång gjorts av inträffade rapportervärda omständigheter <sup>77</sup> ?	X		X
7.8-6 Har ingenjörsmässiga antaganden använts endast i fall där de inte kan undvikas, och är de väl underbyggda?	X		
7.8-7 Har förenklade konservativa ansatser gjorts endast för fall där riskpåverkan är liten?	X		
7.8-8 Har parametrar för osäkerhetsanalys bestämts samtidigt med grunddata inom PSA:ns olika delområden <sup>78</sup> ?	X		
7.8-9 Finns alla data som använts i analysen lagrade i en tabell eller databas tillsammans med referenser och eventuella kommentarer?	X		

<sup>75</sup> Detta gäller i första hand komponentfelfdata, frekvenser för inledande händelser, samt data rörande tester och underhåll.

<sup>76</sup> För mera sällsynta händelser/feltyper kan även data för andra anläggningar av samma typ användas. För händelser/feltyper som kan antas vara oberoende av specifik anläggning kan det vara befogat att använda generiska data.

<sup>77</sup> Genomgången möjliggör analys av inträffade avvikelser från konstruerad säkerhetsnivå, och kan ge viktiga uppslag till känslighetsanalyser.

<sup>78</sup> Detta innebär att osäkerhetsanalysen inte ses som en separat aktivitet, utan som en del i den dataanalys, som ingår i de olika delanalyserna.

# 8 Användning av PSA i riskinformerad verksamhet

*I denna utgåva av tillsynshandboken lämnas i första hand en del beskrivningar rörande analys av riskinformerad kontrollplanering (in-service inspection, ISI).*

*Beskrivningarna är avsedda att kompletteras och utökas i den takt SKI får erfarenheter från granskningar av riskinformerad verksamhet.*

## 8.1 Inledning

Detta kapitel diskuterar användning av PSA i riskinformerad verksamhet, vilket omfattar både SKI:s tillsyn och tillståndshavarnas tillämpningar.

Det följande är ett antal viktiga områden för användning av PSA i riskinformerad tillsyn och tillämpningar:

- Analys av riskinformerad kontrollplanering.  
(*Risk Assessment in Risk-Informed Decisions of Inservice Inspection of Piping*)
- Analys av tillåtna testintervall, reparationstider och hindertider för optimering av STF.  
(*Risk Based Optimization of Technical Specifications*)
- Analys av ändringar i ursprungliga licensieringskrav  
(*Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant Specific Changes to the Licensing Basis*).
- Analys av test och provprogram för t.ex. egenkontroll.  
(*Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Inservice Testing*)
- Analys och bedömning av deterministiska krav på säkerhetsrelaterade strukturer, system och komponenter (SSK)<sup>79</sup>  
(*Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Graded Quality Assurance, GQA*)

## 8.2 Riskinformerad kontrollplanering

### 8.2.1 Bakgrund

Avsikten med föreskriven kontroll och egenkontroll av t.ex. rörsystem och andra passiva komponenter och i aktiva komponenter i olika system och funktioner i kärnkraftverk, är beskriven i bl.a. IAEA-dokumentet INSAG-10 om generella säkerhetsprinciper för kärnkraftverk och INSAG 12 (tidigare 75-INSAG-3 rev 1) som beskriver djupförsvarsprinciperna. Dessa dokument framhäver betydelsen av att tester och kontroller utförs av t.ex. rörsystem i primärsystemet och av komponenter i olika säkerhets- och driftsystem.

---

<sup>79</sup> En av avsikterna med GQA är att tillståndshavaren beskriver ändringar i QA-programmet, speciellt i de fall när reduceringar i åtaganden t.ex. mot SKI planeras ske.

Tester och prover har till avsikt att upptäcka skador, sprickor, degraderingar och andra svaga punkter i system, funktioner och i passiva som aktiva komponenter. Speciellt viktigt är att underhållsrelaterade fel och degraderingar upptäcks tidigt med efterföljande tester.

Med riskinformerad kontrollplanering (ISI) avses även att resultaten eller utfallen av genomförda tester verifierar att ursprungliga designantaganden fortfarande är uppfyllda med marginal, så att säker drift av komponenter kan garanteras. ISI utgör därför en del i nivå 1 och 2 i en anläggnings djupförsvar och skall därför förhindrar att incidenter och olyckor uppstår.

Beträffade mål med ISI, är det nödvändigt att ISI omfattar både förväntade och ej förväntade degradationer. Det är därför viktigt att den riskinformerade ISI förmår att beakta säkerhetsbetydelsen och konsekvenser av oförväntade degradationsmekanismer som kan påverka strukturer, system och komponenter.

## 8.2.2 Kravdokument

Krav som har betydelse för riskinformerad kontrollplanering kan härledas till ett flertal källor, däribland anläggningens säkerhetsredovisning (SAR, STF, PSA-studier och PSA granskningsrapporter). Viktiga SKI-dokument är föreskrifterna om mekaniska anordningar, SKIFS 1994:1 [3] och SKIFS 2000:2 [4].

I referenskapitel 9.5 listas ett antal referenser som är relevanta för tillämpning av PSA, bl.a. ett antal IAEA-dokument (INSAG-10 [63], INSAG-12 [64]), NRC-dokument (Regulatory Guide 1.174 [66], 1.178 [70] och 1.200 [73]) samt två ASME-standarder [75 och 76] och i STUK:s YVL-Guide 2.8 [41]. Andra referenser som kna vara relevanta är Westinghouse WCAP-14572 rev 1 (för PWR-anläggning) [77], EPRI, TR 112657 [78] och EUR 191153 om "Report on risk-informed in-service inspection and in-service testing" [79].

De deterministiska kraven utgör grunden för anläggningens drifttillstånd. Kraven på anläggningens utformning bör verifieras och kompletteras med hjälp av probabilistisk säkerhetsanalys så att en säkrare grund för utformningen uppnås. Vid tillämpningen av probabilistisk analys för sådan värdering av en anläggnings konstruktion bör följande beaktas

- Ett syfte bör vara att uppnå en säkerhetsnivå utan dominerande svagheter.
- Konsekvensen av förändring av deterministiska konstruktionskrav baserat på probabilistisk analys bör bedömas med känslighetsanalys för att visa att konstruktionen förblir tillräckligt robust. Hänsyn bör tas till att enkelhet och transparens är väsentliga egenskaper för att kunna upprätthålla en hög säkerhetsnivå.
- Vid förändring av ett krav bör övriga krav på system som tillhör samma säkerhetsfunktion eller barriär beaktas. Vid exempelvis förändring av frekvensen för komponentprovning bör övriga komponenter och system som bidrar till samma säkerhetsfunktion värderas.

## 8.2.3 Tillämpning

Med vunna erfarenheter från SKI:s granskning av Ringhals 2 RIVAL projektet (granskningen genomförs under år 2004), kommer avsnittet om riskinformerad kontrollplanering att utvecklas med utförligare information och relevanta attribut att

granska och följa. Referenslistan kommer också att uppdateras med aktuella kravdokument och andra väsentliga referenser.

Väsentliga PSA-element att beakta i denna typ av tillämpningar är bl.a. följande:

- identifiering och rankning av den riskinformerade kontrollplaneringen (omfattning av system, komponenter viktiga för säkerheten)
- identifikation av komponenter som kan degraderas vid olika drifttillstånd
- segmentdefinitioner
- konsekvensanalyser
- uppskattning av felsannolikheter på svetsar, passiva komponenter (rör, böjar, anslutningar, mm).
- kontroll av ursprunget för data (från tester, funktionskontroller, erfarenheter av åldring, etc.)
- riskvärdering
- expertbedömningar av erhållna resultat (bl.a. osäkerheter i skattningar)
- urval för oförstörande provning (omfattning och frekvens)
- demonstration och kvalificering av oförstörande provningsmetoder (förmåga att detektera det man antar i ISI-analyser)
- implementering, monitorering och erfarenhetsåterföring
- PSA-modellernas lämplighet för RI-ISI:s mål och syften (omfattning och detaljeringsgrad)
- modellering av felmoder och degraderingsmekanismer för passiva komponenter i PSA
- viktighetsmått för svetsar, segment, system, stråk, funktioner
- värdering av ändrade testintervall och -procedurer

## 9 Referenser

I detta avsnitt förtecknas ett antal centrala SKI-dokument och ett större antal referenser som beskriver olika aspekter av PSA, både genomförande och granskning:

- SKI-dokument
- Rapporter från SKI:s PSA-granskningar
- PSA –Standarder och allmänna dokument
- Dokument rörande granskning av PSA
- Dokument rörande tillämpning av PSA
- Dokument rörande delanalyser i PSA

De senare delarna inkluderar i första hand dokument utgivna av IAEA och NRC samt ett antal PSA-relaterade dokument som utarbetats inom Norden. Det bör noteras att även om ambitionen varit att i förteckningen inkludera alla centrala referenser, så gör den inte anspråk på att vara komplett.

### 9.1 SKI-dokument

1. Statens kärnkraftinspektions föreskrift om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar, SKIFS 1998:1  
*Not: Revideringen av SKIFS 1998:1 kommer att ges ut som ny föreskrift SKIFS 2004:1. Planerat datum för fastställande på SKI är 15 jun 2004.*
2. Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om kompetens hos driftpersonal vid reaktorläggningar; SKIFS 2000:1
3. Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar; SKIFS 2000:2
4. Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar; SKIFS 1994:1
5. ASAR 80 - SKI-direktiv. Enligt SKI:s anslagsframställan 1983/84, 1982-08-20.
6. ASAR 90 - SKI-direktiv. SKI-UA-014/90, 1991-03-27.
7. Reaktorsäkerhetsutredningen (RSU), SOU 1979:86

Under utgivande:

- Tidigare "R-2000" kommer att publiceras som SKIFS 2004:2. Planerat beslutsdatum för fastställande på SKI är 7 oktober 2004.
- Föreskrift om fysiskt skydd planeras att ges ut som SKIFS 2004:3. Planerad klart i december 2004.

#### **SKIQ - Kvalitetssystemet vid Statens kärnkraftinspektion.**

SKIQ är ett lednings- och styrningsinstrument med syfte att tydliggöra dels principerna och inriktningen för verksamheten inom SKI, dels kraven på arbetsprocesserna inom SKI.

Stödprocesser	Mål och principer	Huvudprocesser
SKIQ 04 - Verksamhetsplanering, - uppföljning och -redovisning SKIQ 05 - Kompetensförsörjning SKIQ 06 - Arbetsmiljöutveckling SKIQ 07 - Dokumenthantering och registratur	SKIQ 01 - SKI:s Uppdrag och Mål SKIQ 02 - SKIQ SKIQ 03 - Organisation inkl. befogenhets- och ansvarsfördelning SKIQ 08 - Allmän intern administration SKIQ 09 Tillsyn - principer och inriktning	SKIQ 10 - Föreskrifter och allmänna råd SKIQ 11 - Granskning i tillsynsärenden SKIQ 12 - Inspektion och anläggningsbevakning SKIQ 13 - Nukleär icke-spridningskontroll SKIQ 14 - Erfarenhetsåterföring av säkerhetsrelaterade händelser och förhållanden SKIQ 15 - Samlade värderingar av säkerheten och kärnämneskontrollen SKIQ 16 - Internationellt arbete SKIQ 17 - Forskning SKIQ 18 - Information

## 9.2 Rapporter från SKI:s PSA-granskningar

### Barsebäck

8. SKI-ASAR-B1/B2, 1985
9. SKI-ASAR-B1-2. Återkommande säkerhetsgranskning 1995 Barsebäck 1 och 2; SKI Rapport 96:60
10. Kommentarer från SKI:s granskning av Barsebäcks PSA; SKI Rapport 00:25

### Forsmark

11. SKI:s granskning av Forsmark 1 och 2 PSA-2000 inom ASAR 2000; SKI Rapport 01:49
12. Granskningsrapport Forsmark 1/2 avseende brandanalys; SKI Rapport 97:33
13. Återkommande säkerhetsgranskning 1996 Forsmark 3; SKI Rapport 97:34

### Oskarshamn

14. SKI-ASAR-O1, 1983
15. SKI-ASAR-O1 Återkommande säkerhetsgranskning 1992 Oskarshamn 1; SKI Rapport 95:27
16. Metodutveckling - PSA Tillsynshandbok, Jämförelse med en modern PSA-studie (O1 PSA); SKI Rapport 02:31
17. SKI-ASAR-O2 Återkommande säkerhetsgranskning Oskarshamn 2 1990; SKI Rapport 90:09
18. Utveckling av SKI:s Tillsynshandbok för PSA utifrån granskningen av en PSA Nivå 2-studie (O2 PSA); SKI Rapport 02:40
19. ASAR-O3 - Återkommande säkerhetsgranskning 1996 Oskarshamn 3; SKI Rapport 97:18
20. Kommentarer från SKI:s granskning av O3 PSA; SKI Rapport 99:53

### Ringhals

21. SKI - ASAR - R1; SKI Rapport 00:07
22. Granskningsrapport Ringhals 1 PSA (Översvämning, ångbrott, nivå 2, brandanalys); SKI Rapport 97:20
23. SKI-ASAR-R2. Återkommande säkerhetsgranskning 1994 Ringhals 2; SKI Rapport 95:35

24. Riskvärdering Ringhals 2; SKI Rapport 97:21
25. SKI-ASAR-R3/4 Återkommande säkerhetsgranskning 1991 Ringhals 3 och 4; SKI Rapport 94:24
26. Granskningsrapport Ringhals 3 och 4 avseende brandanalys; SKI Rapport 99:54

### Övrigt

27. SKI - ASAR – CLAB; SKI Rapport 00:37
28. Experience from the comparison of two PSA-studies (O3 and F3); Rapport NKS-36, 2001

## 9.3 PSA –Standarder och allmänna dokument

29. ASME; *Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications*; ASME RA-S 2002; 2002
30. EUR; *European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants*; Volume 2. Generic Island Requirements. Chapter 12. PSA Methodology. Rev 2; 2001
31. IAEA; *A Framework for a Quality Assurance Programme for PSA*; IAEA TECDOC-1101; 1999
32. IAEA; *Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 3)*; IAEA Safety Series No 50-P-12; 1996
33. IAEA; *Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 2)*; IAEA Safety Series No 50-P-8; 1995
34. IAEA; *Advances in reliability analysis and probabilistic safety assessment for nuclear power reactors*; IAEA TECDOC-737; 1994
35. IAEA; *PSA for the shutdown mode for nuclear power plants*; IAEA TECDOC-751; 1994
36. IAEA; *Defining Initiating Events for the Purposes of Probabilistic Safety Assessment*; IAEA TECDOC-719; 1993
37. IAEA; *The Role of Probabilistic Safety Assessment and Probabilistic Safety Criteria in Nuclear Power Plant Safety*; IAEA Safety Series No 106; 1992
38. IAEA; *Probabilistic Safety Assessment*; IAEA Safety Series No 75-INSAG-6; 1992
39. IAEA; *Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 1)*; IAEA Safety Series No 50-P-4; 1992
40. IAEA; *Application of Probabilistic Safety Assessment to Research Reactors*; IAEA TECDOC-517; 1989
41. IAEA; *Probabilistic Safety Assessment for Research Reactors*; IAEA TECDOC-400; 1987
42. STUK; *Probabilistic Safety Analyses (PSA)*; YVL-guide 2.8; 2003
43. USNRC; *Individual Plant Examination: Submittal Guidance*; NUREG-1335; 1989
44. USNRC; *Probabilistic Safety Assessment Procedures Guide*; NUREG/CR-2815; 1985
45. USNRC; *PRA Procedures Guide*; NUREG/CR-2300; 1983



## 9.4 Granskning av PSA

Även vissa av dokumentetn i avsnitt 9.3 berör granskning av PSA, exempelvis standarderna från ASME [29] och EUR [30].

46. ERI/HSK; *A Probabilistic Safety Assessment Review Guidance for Swiss Nuclear Power Plants*; ERI/HSK 92-1115, HSK-AN-2517; 1992
47. IAEA; *Review of Probabilistic Safety Assessments by Regulatory Bodies*; IAEA Safety Report No. 25; 2002
48. IAEA; *Regulatory Review of Probabilistic Safety Assessment (PSA) Level 2*; IAEA TECDOC-1229; 2001
49. IAEA; *Regulatory Review of Probabilistic Safety Assessment (PSA) level 1*; IAEA TECDOC-1135; 2000
50. IAEA; *IPERS Guidelines for the International Peer Review Service*; IAEA TECDOC-832; 1995
51. NEA CNRA; *Review Procedures and Criteria for Different Regulator Applications of PSA*; 1997 CNRA Special Issue Report; 1998
52. NEI; *Probabilistic Risk Assessment Peer Review Process Guidance*; NEI 00-02; 2000
53. USNRC; *Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants*; NUREG-800;

## 9.5 Tillämpning av PSA

54. EPRI; *PSA Applications Guide*; TR-105396; 1995
55. IAEA; *Applications of Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Nuclear Power Plants*; IAEA TECDOC-1200; 2001
56. IAEA; *Living Probabilistic Safety Assessment (LPSA)*; IAEA TECDOC-1106; 1999
57. IAEA; *Use of PSA Level 2 analysis for improving containment performance*; IAEA TECDOC-1002; 1998
58. IAEA; *Application and development of probabilistic safety assessment for nuclear power plant operation*; IAEA TECDOC-873; 1996
59. IAEA; *Modelling and data prerequisites for specific applications of PSA in the management of nuclear plant safety*; IAEA TECDOC-740; 1994
60. IAEA; *Use of Probabilistic Safety Assessment for nuclear installations with large inventory of radioactive material*; IAEA TECDOC-711; 1993
61. IAEA; *Risk Based Optimization of Technical Specifications for Operation of Nuclear Power Plants*; IAEA TECDOC-729; 1993
62. IAEA; *Use of Plant Specific PSA to Evaluate Incidents at Nuclear Power Plants*; IAEA TECDOC-611; 1991
63. IAEA; *Defence in Depth in Nuclear Safety*; IAEA INSAG-10, 1996.
64. IAEA; *Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants 75-INSAG-3 Rev. 1*; IAEA INSAG-12, 1999.

65. NEA CNRA; *Living PSA Development and Application in Member Countries; Summary of TÜV Workshops held from 1988 to 1994*; 1996
66. USNRC; *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant Specific Changes to the Licensing Basis*; Regulatory Guide 1.174; 1998
67. USNRC; *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Inservice Testing*; Regulatory Guide 1.175; 1998
68. USNRC; *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Graded Quality Assurance*; Regulatory Guide 1.176; 1998
69. USNRC; *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Technical Specifications*; Regulatory Guide 1.177; 1998
70. USNRC; *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions: Inservice Inspection of Piping*; Regulatory guide 1.178; 1998
71. USNRC; *Assessing And Managing Risk Before Maintenance Activities At Nuclear Power Plants*; Regulatory guide 1.182, 2000
72. USNRC; *Issues and Recommendations for Advancement of PRA Technology in Risk-Informed Decision Making*; NUREG/CR 6813
73. USNRC; *An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results of Risk Informed activities*; Regulatory Guide RG 1.200; 2004
74. USNRC; *Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities*; Draft Standard Review Plan Chapter 19.1
75. ASME; *Risk-Informed Requirements for Class 1, 2 and 3 Piping, Method A, Section XI, Division 1*; America Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code, Code Case N-577; September 2, 1997.
76. ASME; *Risk-Informed Requirements for Class 1, 2 and 3 Piping, Method B, Section XI, Division 1*; America Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code, Code Case N-578; September 2, 1997.
77. Westinghouse;. *Westinghouse Owners Group Application of Risk-Informed Methods to Piping Inservice Inspection Topical Report*; WCAP-14572, Revision 1-NP-A
78. EPRI; *Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation Procedure*; EPRI TR-112657, WO 3230; Final report April 1999.
79. EUR; *Report on risk-informed in-service inspection and in-service testing*; EUR 191153

## **9.6 PSA – Delanalyser**

### **Analys av beroenden, inklusive CCF**

80. Bento, J-P, Hellström, P; *Redundancy Protection Guidance*; NAFCS PR-12, to be published as SKI Report; 2003
81. IAEA; *Procedures for Conducting Common Cause Failure Analysis in Probabilistic Safety Assessment*; IAEA TECDOC-648; 1992

82. Johansson, G. et.al.; *Summary Report of the Nordic Working Group on Common Cause failure Analysis*; NAFCS PR-09, to be published as SKI Report; 2003
83. Knochenhauer, M, Mankamo, T; *Dependency Analysis Guidance*; NAFCS PR-13, to be published as SKI Report; 2003
84. USNRC; *Guidelines on Modeling Common-Cause Failures in Probabilistic Risk Assessment*; NUREG/CR-5485

#### **Analys av data**

85. Angner, A., Pörn, K.; *X-Boken - Inledande Händelser vid nordiska kärnkraftverk - Yttre Händelser*; PC Rapport 96-2; 1996
86. IAEA; *Generic Component Reliability Data for Research Reactor PSA*; IAEA TECDOC-930; 1997
87. IAEA; *Manual on Reliability Data Collection for Research Reactors PSAs*; IAEA TECDOC-636; 1992
88. IAEA; *Survey of ranges of Component reliability data for use in probabilistic safety assessment*; IAEA TECDOC-508; 1989
89. IAEA; *Component Reliability Data for Use in Probabilistic Safety Assessment*; IAEA TECDOC-478; 1988
90. SKI; *I-boken, Inledande händelser vid nordiska kärnkraftverk, version 2*; SKI Rapport 94:12; 1994
91. TUD-kansliet, m.fl.; *T-boken, Tillförlitlighetsdata för komponenter i nordiska kraftreaktorer, version 4*; ISBN 91-7186-303-6; 1995

#### **Analys av yttre händelser**

92. ANS; *External Events PRA Methodology Standard*; ANS-58.21 [3.6-2] Draft; 2002
93. IAEA; *Treatment of Internal Fires in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants*; IAEA Safety Report No. 10; 1998
94. IAEA; *Treatment of External Hazards in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants*; IAEA Safety Series No 50-P-7; 1998
95. IAEA; *Probabilistic Safety Assessment for Seismic Events*; IAEA TECDOC-724; 1993
96. IAEA; *External events*; IAEA Safety Guide 50-SG-S9
97. Knochenhauer, M., Louko, P; *Guidance for External Events Analysis*; SKI Report 02:27; 2002
98. USNRC; *Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities, Final Report*; NUREG-1407; 1991
99. USNRC; *Procedures for the external event core damage frequency analyses for NUREG-1150.*; NUREG/CR-4840; 1990
100. USNRC; *External event analysis methods for NUREG-1150.*; NUREG/CP-0104

#### **Analys av mänskligt felhandlande**

101. IAEA; *Human Reliability Analysis in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants*; IAEA Safety Series No 50-P-10; 1995

102. USNRC; *Handbook of Human Reliability Analysis With Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*; NUREG/CR-1278; 1983

**Osäkerhetsanalys**

103. USNRC; *Approaches to Uncertainty Analysis in Probabilistic Risk Assessment*; NUREG/CR-4836; 1988

104. USNRC; *Handbook of parameter estimation for PRA*; NUREG/CR-6823; 2003

# Bilaga 1 Akronymer och definitioner

I detta avsnitt beskrivs akronymer och begrepp som använts i tillsynshandboken eller som är av allmänt intresse inom PSA-området. Även en del ofta använda engelska uttryck ingår.

## Organisationer, arbetsgrupper

Akronym	Betydelse	Förklaring / Översättning
BKAB	Barsebäck Kraft AB	
FKA	Forsmarks Kraftgrupp AB	
IAEA	International Atomic Energy Agency	
ICDE	International Common Cause Data Exchange	Internationellt projekt syftande till insamling av data om CCF-händelser.
KSU	Kärnkraftsäkerhet och utbildning	
NIST	National Institute of Standards and Technology, USA	
NAFCS	Nordisk Arbetsgrupp för CCF-studier	
OECD/NEA	Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development	
OKG	OKG Aktiebolag AB	
RAB	Ringhals AB	
SKI	Statens kärnkraftinspektion	
SIS	Svensk Industristandard	
STUK	Säteilyturvakeskus	Strålsäkerhetscentralen (Finlands myndighet för strålskydd och kärnkraftinspektion)
USNRC	United States Nuclear Regulatory Commission	USA:s kärnkraftinspektion
WANO	World Association of Nuclear Operators	
NPSAG	Nordiska PSA-Gruppen	Samarbetsgrupp mellan svenska och finska kraftbolag samt SKI för diskussion och samordning av PSA-relaterade utvecklingsinsatser.

## Akronymer

Akronym	Betydelse	Förklaring / Översättning
AE	Area Event	Rumshändelse
ALARA	As low as reasonably achievable	Princip vid bl.a. strålskydd, som innebär att stråldoser skall hållas "så låga som rimligt möjligt" med hänsyn taget till ekonomiska och samhälleliga faktorer.
ASAR	As-operated Safety Analysis Report	Återkommande säkerhetsredovisning för nukleär anläggning
ATHEANA	A technique for human error analysis in PSA	Metodik för modellering av mänskligt felhandlande
BFR	Binomial Failure Rate model	Modell för modellering och kvantifiering av CCF
BOKA	Barsebäck Oskarshamn konstruktionsanalys	
BWR	Boiling Water Reactor	Kokvattenreaktor
CCF	Common Cause Failure	Fel med gemensam orsak
CCI	Common cause initiator	Händelse som medför transient, samtidigt som den försvagar en eller flera säkerhetsfunktioner
CD	Core Damage	HS; Härdskada
CDF	Core Damage Frequency	Härdskadefrekvens
CET	Containment event tree	HUT; Haveriutvecklingsträd
CFR	Code of Federal Regulations	
DART	Designanalys Ringhals tryckvattenreaktorer	
DBA	Design basis accident	Konstruktionsstyrande haveri
DCH	Direct containment heating	Snabb upphettning av inneslutningens atmosfär i samband med genomsmältning av reaktortanken (nivå 2 PSA)
DKV	Driftklarhetsverifiering	
EE	External Event	Yttre händelse
ETA	Event Tree Analysis	HTA; Händelseträdsanalys
FDS	Fire Dynamics Simulator	Fältmodell för simulering av brandförlopp. Utvecklad av NIST
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis	Felmods- och -effektanalys
FMECA	Failure Mode Effect and Criticality Analysis	Felmods- effekt-, och kritikalitetsanalys
SAR	Safety Analysis Report	Slutlig säkerhetsrapport
FSG	Fristående säkerhetsgranskning	
FTA	Fault tree analysis	Felträdsanalys
GDC	General Design Criteria	Kriterier för reaktordesign utgivna av USNRC
HAZOP	Hazard and Operability Study	Teknik för identifiering och analys av risker, används i stor utsträckning i kemisk industri och processindustri.
HEP	Human Error Probability	Sannolikheten för mänskligt felhandlande
HRA	Human Reliability Analysis	Analys av mänsklig växelverkan
HS	Härdskada	
HTA	Händelseträdsanalys	
HUT	Haveriutvecklingsträd	Inneslutningshändelsetråd som används för att modellera haveriutveckling i PSA nivå 2.
ICDE	International Common Cause Data Exchange	Internationellt projekt syftande till insamling av data om CCF-händelser.
IE	Initiating event	IH; Inledande Händelse
IH	Inledande händelse	Händelse som medför eller kräver avställning av reaktor.

Akronym	Betydelse	Förklaring / Översättning
ISI	In-service inspection	
LER	Licensee Event Report (RO)	Motsvarighet till RO; Rapportervärd omständighet
LOCA	Loss of coolant accident	Olycka med förlust av kylmedel
LOSP	Loss of off-site power	
LPSA	Living PSA	PSA-verksamhet som har utvecklats till att PSA har aktiv och vidsträckt användning i det praktiska säkerhetsarbetet.
LWR	Light water reactor	Lättvattenreaktor
MAAP	Modular Accident Analysis Program	Program för haverianalys
MCS	Minimal Cut Sets	Minimalt cutset, minsta möjliga delmängd av unika händelsekombinationer som ger ett felaktigt tillstånd
MELCOR		Program för haverianalys
MLD	Master Logic Diagram	Grafisk presentation av en hierarkisk beskrivning av hur en störning kan fortplantas genom ett system. Användbart t.ex. för fullständighetskontroll av identifiering av inledande händelser.
MGL	Multiple Greek Letter method	Metodik för modellering och kvantifiering av CCF
MTO	Man-Machine-Organisation	Människa – teknik – organisation
PDS	Plant damage state	ST; Stationstillstånd
PSA	Probabilistic Safety Assessment	
PSAR	Preliminary Safety Analysis Report	Preliminär säkerhetsrapport
PSF	Performance shaping factors	Påverkansfaktorer (i analys av mänsklig växelverkan)
PSG	Primär säkerhetsgranskning	
PWR	Pressurised Water Reactor	Tryckvattenreaktor
QA	Quality Assurance	Kvalitetssäkring
QC	Quality Control	Kvalitetskontroll
RAW	Risk Achievement Worth	
RELAP	Reactor Excursion and Leak Analysis Program	Analysprogram utvecklat av USNRC för prediktering av reaktorsystem under normala förhållanden och haveriförhållanden.
RO	Rapportervärd omständighet	
SBF72	Svenska Brandförsvarsföreningen	Anvisningar angående brandförsvaret vid kärnkraftverk utgiven av Svenska Brandförsvarsföreningen, SvBf. (Preliminär anvisning från 1972).
SAR	Safety Analysis Report	
SHARP	Systematic Human Action Reliability Procedure	Metodik för modellering av mänskligt felhandlande
SKIFS	SKI författningssamling	
SLIM	Success Likelihood Index Method	Metodik för modellering av mänskligt felhandlande
ST	Stationstillstånd	Stationstillstånd i nivå 2 PSA
STF	Technical Specifications (TechSpec)	Säkerhetstekniska förutsättningar
TechSpecs	Technical Specifications	STF; Säkerhetstekniska förutsättningar
THERP	Techniques for Human Error Rate Prediction	Metodik för modellering av mänskligt felhandlande
TRAC	Transient Reactor Analysis Code	Analysprogram utvecklat av USNRC för säkerhetsanalys

## Definitioner

Uttryck / Akronym	Förklaring
Alfa-faktormodellen	Metodik för modellering och kvantifiering av CCF
Beroendefel	Samtidigt inträffande komponentfel som inte beror oberoende fel. Beroendet kan vara orsakat av funktionella eller fysiska beroenden eller av FFC-beroenden.
Berrys metod	Metod i brandanalyser som används för att fördela total brandfrekvens mellan olika rum.
Beta-faktormodellen	Metodik för modellering och kvantifiering av CCF
CCF (Common Cause Failure)	Samtidigt fel i två eller flera komponenter till följd av samma felmekanism. Samtidighet definieras som att feltillstånden föreligger inom ett på förhand definierat tidsintervall (t.ex. ett testintervall); detta skall även eventuell latent tid.
CCI (Common Cause Initiator)	En händelse som orsakar transient eller kräver manuell avställning, och som samtidigt degraderar en eller flera säkerhetsfunktioner som kan komma att behövas efter transienten/avställningen.
C-faktormodellen	Modell för modellering och kvantifiering av CCF
Diversifiering	Utnyttjande av två eller flera system för att fullgöra en specifik funktion, och där systemen eller komponenterna har konstruerats på olika sätt i syfte att minska sannolikheten för CCF-beroenden. Olikheten kan baseras på exempelvis driftbetingelser, konstruktionsprocess, tillverkare eller komponentstorlek eller -typ.
Dynamiska effekter	Sekundära fel som uppträder i samband med rörbrott, och som orsakas exempelvis av rörslag eller missiler.
Enkelfel	Enkelfel brukar definieras i relation till ett system, och innebär enstaka fel som medför förlust av systemfunktionen.
Enkelfelskriteriet	Kriterium som applicerat på ett system, innebär att inget enstaka fel (enkelfel) får medför förlust av systemfunktionen.
Felsäker (Fail-safe)	Felsäker funktion innebär att en komponent eller ett system under vissa förhållanden, t.ex. förlust av spänningsmatning, övergår till ett säkert tillstånd.
Fristående säkerhetsgranskning (FSG)	En säkerhetsgranskning som utförs hos tillståndshavaren av en för ändamålet inrättad säkerhetsgranskningsfunktion som skall ha en fristående ställning i förhållande till de sakansvariga delarna av organisationen.
Funktionellt beroende	Beroenden till följd av direkta eller indirekta koppling mellan komponenter eller system, t.ex. gemensam kraftmatning eller kylning.
Fysisk separation	Geometrisk separation genom avstånd eller positionering med eller utan ytterligare fysiska barriärer.
Fysiskt beroende	En situation där flera komponenter eller system delar samma fysiska miljö, exempelvis genom att vara placerade i samma utrymme.
Inledande händelse	Störningar eller missöden som orsakar eller kräver automatiskt eller manuellt snabbstopp.
Inre händelse	Störningar inom process- eller säkerhetsystem som har sin huvudsakliga utbredning i inneslutningen, och som har föranlett automatiskt eller manuellt snabbstopp.
Konsekvens	Ett möjligt resultat av en oönskad händelse. Konsekvenser kan bli uttryckta verbalt eller numeriskt för att definiera omfånget av skada/skador på människor, miljö eller materiella värden.
Konstruktionsstyrande haveri	Haveri för vilket anläggningen är konstruerat i enlighet med etablerade konstruktionskriterier, och till följd av vilket bränsleskador och utsläpp till omgivningen kommer att hålla sig inom tillåtna gränser.
Känslighetsanalys	Systematisk procedur för att beskriva och/eller beräkna effekten av variationer i ingångsdata på erhållet slutresultat av analyser.
Latent fel	Feltillstånd som ej kan detekteras under normaldrift, utan endast vid test eller verkligt behov.



Uttryck / Akronym	Förklaring
Levande PSA (LPSA)	Det finns olika definitioner av detta begrepp. Normalt anses levande PSA inkludera två slag av aktiviteter: <ul style="list-style-type: none"> <li>att PSA:n uppdateras regelbundet till att spegla aktuell anläggningsstatus m.a.p. konstruktion, instruktioner, m.m.</li> <li>att PSA:n används regelbundet i säkerhetsarbetet både för uppföljning och planering av säkerhet. Detta kan inkludera en mängd olika aktiviteter.</li> </ul>
Minimal Cut Set (MCS)	Resultat av en felträdsanalys. Ett minimalt cutset är en unik (och minimal) kombination av händelser som, om de samtliga inträffar, kommer att medföra att topphändelsen i det analyserade felträdet inträffar.
Normaldrift	Definierad i SKIFS 1998:1 1 kap. 2§. Drift inom de fastställda villkor och begränsningar som framgår av en anläggnings säkerhetstekniska driftföreskrifter.
Orsaksanalys	Systematisk procedur för att beskriva och/eller beräkna sannolikheten för orsaker till oönskade händelser
Primär säkerhetsgranskning (PSG)	Den primära säkerhetsgranskningen genomförs i den del av organisationen som har ansvaret för en viss säkerhetsfråga.
Probabilistisk Säkerhetsanalys (PSA)	En sannolikhetsbaserad analys som syftar till att i en integrerad analysmodell modellera och kvantifiera hur störningar eller missöden (s.k. inledande händelser) påverkar en anläggning och hanteras av dess säkerhetsfunktioner. Vid modelleringen av säkerhetsfunktioner beaktas en mängd olika faktorer som kan påverka deras tillförlitlighet och tillgänglighet, t.ex. tester och underhåll, manuella ingrepp och inverkan från beroenden. Analysens resultat presenteras som frekvensen för på förhand definierade sluttillstånd, exempelvis "härdskada". Även kvalitativa resultat genereras.
PSA nivå 1	I en PSA nivå 1 analyseras anläggningen m.a.p. risken för härdskada
PSA nivå 2	I en PSA nivå 2 analyseras anläggningen m.a.p. risken för aktivitetsutsläpp utanför inneslutningen till följd av härdskada
PSA nivå 3	I en PSA nivå 3 analyseras anläggningen m.a.p. radiologiska risker för människor och miljö i kärnkraftverkets omgivning vid aktivitetsutsläpp till följd av aktivitetsutsläpp orsakat av härdskada.
Redundans	Redundans (övertalighet) innebär att ett system har kapacitet utöver grundkravet (100 % kapacitet). Exempelvis kan ett system med två stycken stråk som vardera 100 % kapacitet sägas ha 100 % redundans i ett redundant stråk. Redundans kan introduceras både med tillförande av identiska stråk eller med diversifiering.
Risk	Ett uttryck för den fara som en oönskad händelse representerar för människor, miljö eller materiella värden. Risk uttrycks som sannolikheter för och konsekvenser av den oönskade händelsen.
Riskvärdering	En jämförelse av resultat från en riskanalys med acceptanskriterier för risker och andra beslutskriterier.
Rumshändelser	Inledande händelser som inträffar till följd av frigörande av energi utanför processen men inom anläggningen; i första hand brand, översvämning och ångfrigörelse. Andra exempel är missiler från roterande maskiner eller exploderande trycktankar.
Validering	En process som skall klarställa om en produkt (system, analys, instruktion etc.) på ett tillfredsställande sätt kan fullgöra sin avsedda funktion (Har vi byggt rätt system?).
Verifiering	En process som skall klarställa att en produkt (system, analys, instruktion etc.) har utvecklats i enlighet med uppställda krav (Har vi byggt systemet på rätt sätt?).
Yttre händelse	Inledande händelser som inträffar till följd av frigörande av energi utanför anläggningen. Yttre händelser kan vara naturliga (hydrologiska, geologiska eller meteorologiska händelser) eller bero på mänsklig påverkan (exempelvis transportolyckor eller olyckor i processindustri).

## Bilaga 2    PSA - en introduktion

Detta avsnitt ger en förenklad översiktlig beskrivning av PSA, och är avsedd som introduktion för läsare som inte är förtrogna med tekniken. Det är således texten i huvudrapporten som definierar handbokens bedömningskriterier.

Beskrivningen i det följande baseras till större delen på [Knochenhauer, M., Status and Use of PSA in Sweden; SKI Report 96-40].

### Bakgrund

PSA-tekniken uppstod ur ett behov av att analysera tillförlitligheten i komplexa tekniska system. Redan under 1960-talet gjordes omfattande tillförlitlighetsanalyser inom den amerikanska rymd- och flygindustrin. Inom kärnkraftindustrin användes tillförlitlighetsanalyser tidigt vid konstruktion och analys av vissa av reaktorernas säkerhetssystem.

Termen PSA kom till användning i mitten av 1970-talet, då man i USA genomförde den första probabilistiska säkerhetsanalysen (Inledningsvis användes beteckningen PRA, Probabilistisk riskanalys). Analysen fick snart efterföljare i Sverige och andra länder. År 1977 gjordes analyser för kärnkraftverken Barsebäck 1 och 2 och Forsmark 3.

Haveriet år 1979 i det amerikanska kärnkraftverket Three Mile Island innebar att intresset för PSA-tekniken ökade. Det beslutades i Sverige att samtliga kärnkraftverk tre gånger under sin livstid skall genomföra säkerhetsgranskningar, s.k. ASAR (As Operated Safety Analysis Report). I den första ASAR-rapporteringen, som för flertalet kärnkraftverk genomfördes och redovisades under 1980-talet, ingick en PSA nivå 1. Den andra ASAR-omgången (1990-talet) innebär en utvidgning av tidigare utförda PSA till nivå 2 och en utökad analys av yttre händelser.

### Deterministisk och probabilistisk säkerhetsanalys

Kärnkraftverk är utrustade med omfattande skydd mot haverier. Skyddet är uppbyggt som ett djupförsvär, vilket innebär att det finns flera oberoende barriärer. Samtliga barriärer måste fela innan ett radioaktivt utsläpp till omgivningen kan ske. I djupförsvaret ingår som en del att försvåra spridningen av bränslets radioaktiva innehåll.

Barriärerna består av bränslets kapsling, reaktortanken, inneslutningen och av system för filtrerad ventilation av inneslutningen efter en inträffad härdskada. Som en andra viktig del i djupförsvaret finns aktiva säkerhetssystem som skall stänga av reaktorn och hålla bränslet kylt efter en störning eller ett missöde.

Säkerhetsanalyser delas ofta grovt in i två kategorier, deterministiska analyser och probabilistiska.

Barriärerna i djupförsvaret har konstruerats för att kunna stå emot både förväntade störningar och mera sällsynta missöden. För detta har deterministiska säkerhetsanalyser använts. De utnyttjas typiskt vid utvärdering av förutsättningarna för en konstruktion eller en analys. Exempel på frågor där de används är:

- Konstruktionsförutsättning:  
Klaras spädmatning av reaktorn med en krets i nödkylsystemet (323) efter brott i en huvudcirkulationskrets?
- Analysförutsättning:  
Hur många av säkerhetsventilerna i avblåsningssystemet (314) kan maximalt felfungera utan att tryckavsäkringsfunktionen äventyras?

Probabilistiska (sannolikhetsbaserade) analyser används för att jämföra barriärer och värdera deras styrka. De hämtar sina randvillkor från deterministiska analyser, men tillför ytterligare information. I exemplen ovan skulle denna information kunna bestå i en framräknad frekvens för utebliven spädmatning eller tryckavsäkring givet systemkrav som tidigare verifierats med deterministiska analyser. Dessutom identifieras komponentfel som ensamma eller i kombinationer dominerar denna frekvens. Probabilistiska analyser gör det således möjligt att både värdera hur allvarligt ett tillstånd är och att identifiera förbättringsmöjligheter.

Det är i detta sammanhang som probabilistiska säkerhetsanalyser, vanligen kallade PSA, har blivit ett viktigt verktyg. PSA erbjuder en möjlighet att i en och samma analys betrakta ett kärnkraftverks barriärer och det sätt de fungerar i samband med olika störningar och missöden.

En PSA syftar till att identifiera felkombinationer som innebär att samtliga barriärer slås ut. PSA:ns resultat uttrycks därför som frekvensen (1/år) för härdskador eller radioaktiva utsläpp. Härdskadefrekvensen blir direkt beroende av barriärernas styrka. Med en PSA är det därför möjligt att skapa en helhetsbild av ett kärnkraftverks säkerhet, att identifiera eventuella svagheter, och att värdera, jämföra och prioritera bland säkerhets- höjande åtgärder.

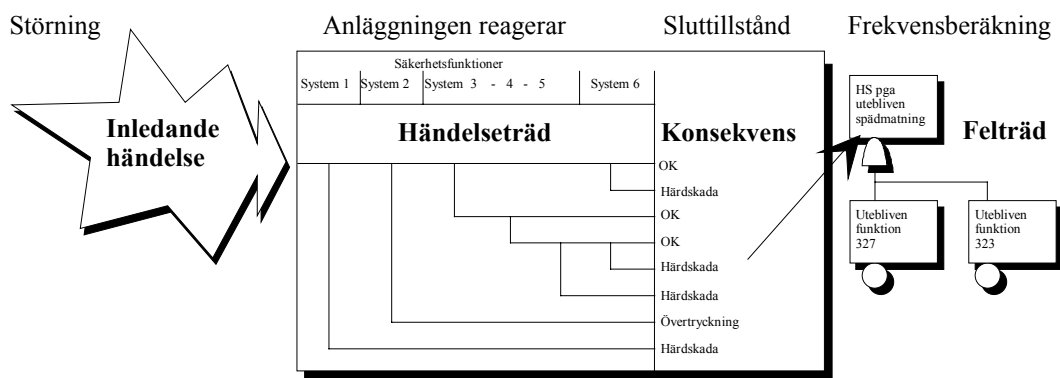
## **PSA:s uppbyggnad och användning**

Probabilistiska säkerhetsanalyser kan ha olika omfattning och innehåll. Beroende på det riskmått som väljs, brukar man tala om PSA av nivå 1, 2 eller 3. PSA:ns omfattning ökar med nivån. I en PSA nivå 1 beräknas frekvensen för härdskada, medan riskmättet i nivå 2 är frekvensen för radioaktiva utsläpp utanför inneslutningen. I en PSA nivå 3 beräknas frekvensen för omgivningskonsekvenser av radioaktiva utsläpp.

De störningar som analyseras delas upp i inre och yttre händelser. Inre händelser är störningar eller missöden inom processen, främst transienter, vilket är störningar som innebär att reaktorn måste stängas av, och rörbrott, som är missöden som hotar bränslets kylning. Yttre händelser är störningar utifrån, t.ex. brand, översvämning, jordbävning eller andra sällsynta händelser (flygplansstörtning, extrem väderlek etc.). Brand och översvämning inom anläggningen kallas ofta för rumshändelser.

Metodiken i en PSA nivå 1 kan beskrivas med fyra grundbegrepp, som illustreras i Figur B2-1:

- Inledande händelse
- Händelsetråd
- Konsekvens
- Felträd



Figur B2-1 Översikt över metodiken i en probabilistisk säkerhetsanalys

En inledande händelse är ett missöde eller en störning (inre eller yttre händelse) som kräver att anläggningen stängs av och därmed ställer krav på säkerhetssystemens funktion.

Händelsetråd beskriver anläggningens reaktion på en störning. I händelseträden beskrivs alternativa möjligheter att uppfylla säkerhetsfunktioner. Analysen skall identifiera samtliga möjliga händelsekedjor (sekvenser) efter en störning.

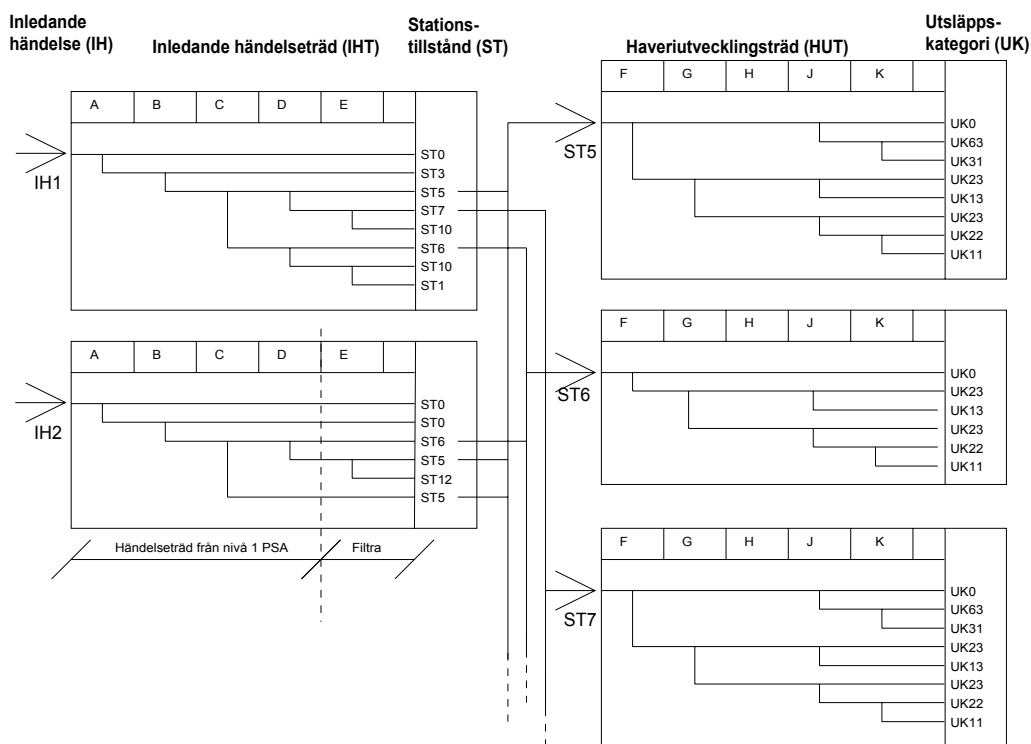
Konsekvensen beskriver sluttillståndet för varje sekvens. Sluttillståndet är antingen ett stabilt läge (OK) eller en härskada (HS).

Felträd används för att avbilda systemfunktioner. I felträden visas både säkerhetssystemens uppbyggnad och deras möjliga felfunktioner. Resultatet blir en logisk modell som används för att beräkna frekvensen för de sekvenser som konstaterats medföra allvarliga konsekvenser.

## PSA nivå 2

Uppläggnings av svenska nivå 2 PSA har främst baserats på den metodik som utvecklades i den amerikanska pilotstudien NUREG-1150, gjord i NRC:s regi [7]. Metodiken utmärks av att ett stort antal olika sekvenser från händelseträden i nivå 1 PSA slås samman till ett begränsat antal stationstillstånd med likartade anläggningspåverkan.

Analysen baseras normalt på en nivå 1 PSA. Den är således uppbyggd i form av sekvensanalyser med hjälp av händelseträds- och felträdsteknik. De inledande händelser och händelsetråd som ingår i nivå 1 PSA kompletterats för att kunna analysera härskadans vidare utveckling och inneslutningens respons. Figur B2-2 ger en överblick över använd metodik.



Figur B2-2 Översikt över metodiken i en nivå 2 PSA

Händelseträden från nivå 1-analysen skall inkludera system för kontrollerad och filterad tryckavsäkring av inneslutningen. Dessa händelseträd kallas i nivå 2-analysen för inledande händelseträd (IHT).

Anläggningens tillstånd vid slutet av dessa sekvenser karakteriseras med hjälp av ett antal parametrar och delats in i stationstillstånd, ST (Plant damage states, PDS). Stationstillstånden skiljer sig åt med avseende på parametrar som beskriver:

- kylningen och strilningen av inneslutningen
- trycket i reaktortanken och inneslutningen
- om system för filterad tryckavlastning är aktiverad eller ej
- om inneslutningen är intakt

Dessa parametrar är avgörande för haveriets fortsatta utveckling och det eventuella utsläppets storlek och frekvens. För de mest frekventa sekvenserna är härden kyld och stationen i ett säkert läge. I de övriga sekvenserna har härden börjat degradera.

Varje stationstillstånd analyseras vidare i ett haveriutvecklingsträd, HUT (Containment event tree, CET). Analysen startar då på nytt med de parametrar som beskriver stationstillstånden som förutsättning för det fortsatta förloppet. Haveriutvecklingsträdet är ett händelseträd som tar hänsyn till fysikaliska fenomen och konsekvenslinrande system. Det är konstruerat med tanke på att dels uppskatta möjligheten att kunna innehålla den frigjorda radioaktiviteten i inneslutningen, dels uppskatta det radioaktiva utsläppets storlek och sammansättning samt tidpunkt för utsläpp.

En mindre frekvensandel av sekvenserna i haveriutvecklingsträdet slutar i ett radioaktivt utsläpp. För att göra resultatet hanterligt brukar ett antal utsläppskategorier, UK (Release categories, RC) definieras och varje sekvens som medför ett utsläpp

associeras med en sådan. Utsläppskategorierna beskriver den utsläppta mängden jod och cesium och starttidpunkten för utsläppet.

En viktig del av analysen är att bedöma graden av likhet mellan olika sekvenser och avgöra vilket stationstillstånd de bör tillordnas. Detta görs baserat på analys av ett tillräckligt antal karakteristiska missödessekvenser med ett haverianalysprogram, i Sverige vanligen MAAP [15].

I en nivå 2-analys är det viktigt att beakta de fysikaliska fenomen som kan uppkomma i reaktortanken och inneslutningen i samband med härdsmältan och som kan äventyra inneslutningens integritet och därmed påbörja eller förvärra ett radioaktivt utsläpp. Exempel på fenomen som kan behöva beaktas är:

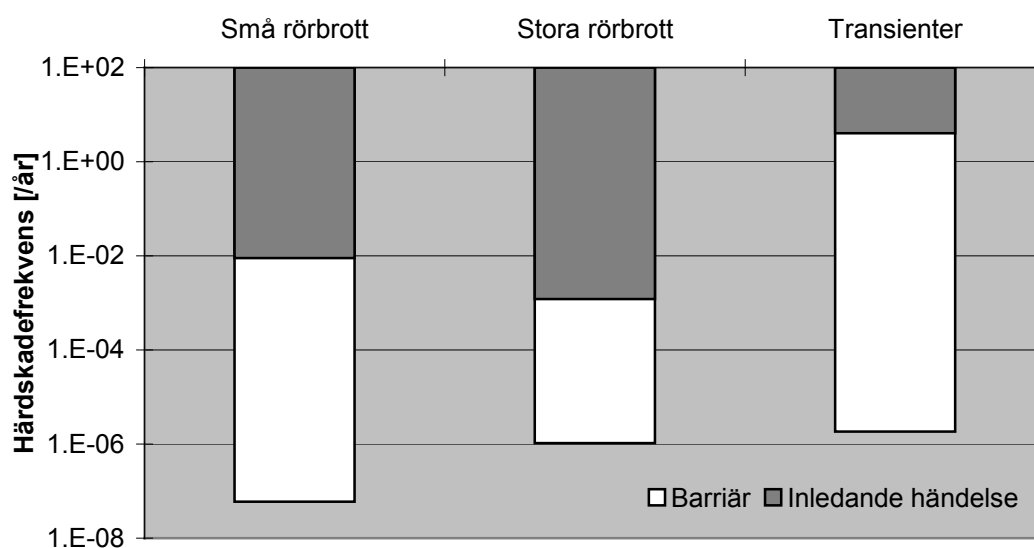
- vätgasexplosion i reaktortanken och inneslutningen
- ångexplosion i reaktortanken och inneslutningen
- Direct Containment Heating (DCH) i inneslutningen
- förlust av inneslutningens integritet på grund av långsam upphettning av väggarna
- förlust av inneslutningens integritet på grund av långsam tryckuppbyggnad
- global tankgenomsmältning.

Samtliga dessa fenomen ligger som händelser eller felträd i haveriutvecklingsträdet.

## Resultat av PSA

Resultaten från en probabilistisk säkerhetsanalys kan, beroende på användningsområdet, presenteras på olika sätt.

Figur B2-3 visar ett exempel, där härdskadefrekvensen visas för grupper av inledande händelser. Staplarna visar både den inledande händelsens frekvens (mörk del) och anläggningens barriär mot härdskador (ljus del). Staplarnas totala längd visar härdskadefrekvensen; en frekvens av  $1.0E-6$ /år innebär en händelse per miljon år. Det är också möjligt att presentera listor över de system eller komponenter som bidrar mest till den totala härdskadefrekvensen.



Figur B2-3 Exempel på PSA-resultat, som visar härdskadefrekvensen för grupper av inledande händelser

Det finns flera viktiga användningsområden för PSA-resultat. Några som ofta brukar nämnas är:

- att beräkna frekvensen för händelser som kan leda till härdsador,
- att hitta de största enskilda bidragen till den totala frekvensen för härdsador, och
- att identifiera möjliga säkerhetshöjande åtgärder och välja bland dessa.

Man använder alltså både PSA:ns absoluta resultat, den totala härdskadefrekvensen, och relativa resultat, d.v.s. en jämförelse av dominerande bidrag till den totala frekvensen.

Ett viktigt användningsområde är s.k. ”levande PSA”, som innebär att man använder PSA:n i dagligt säkerhetsarbete, bland annat för att kontinuerligt utvärdera både inträffade störningar och föreslagna ändringar i konstruktion och driftprocedurer.

## **Användning av PSA-resultat**

Det finns en skenbar exakthet i PSA-resultat, som kan inbjuda till direkt jämförelse av en PSA:s totala härdskadefrekvens med resultat från andra kärnkraftverk eller med säkerhetsmål. Sådana jämförelser kan lätt medföra förhastade slutsatser. Resultattolkningen försvaras nämligen av att man måste beakta de ofrånkomliga osäkerheter som påverkar resultat och modeller.

Eftersom en PSA alltid behandlar sällsynta händelser, kan den statistiska osäkerheten i resultaten vara stor. Osäkerheten ökas ytterligare av att man har begränsad kännedom om vissa komplexa fenomen och felmekanismer. Valet av analysmodell kan därför ha stor påverkan på analysens resultat.

Statistiska osäkerheter försöker man minska genom att skapa system för insamling och analys av inträffade fel och missöden, medan modelleringsosäkerheter ofta kan minskas genom fördjupade analyser. Inom båda områdena bedrivs sedan lång tid omfattande forskning både i Sverige och internationellt.

Det måste slutligen betonas att en anläggnings säkerhetsnivå inte enbart kan beskrivas med PSA-resultat. Den påverkas även av en mängd andra faktorer, exempelvis organisation och utbildning.

## Bilaga 3 Bakgrund och historiebereskrivning

Probabilistiska säkerhetsanalyser (PSA) har i Sverige genomförts sedan mitten av 1970-talet, och användningen av probabilistiska analyser har ökat stadigt sedan dess. Under hela denna tid har området varit under intensiv utveckling, både i Sverige och internationellt. De senaste åren kännetecknas av en ökande användning både av PSA-modeller och av resultat från analyserna. Parallellt med detta har PSA-modellernas omfattning ökat avsevärt. Tabell B3-1 ger en summerande överblick över PSA-aktiviteter i Sverige sedan mitten av 1970-talet.

I PSA-teknikens början, fram till mitten av 1980-talet, var huvudsyftet med PSA-användningen att få fram en anläggnings riskprofil och att sedan identifiera riskdominerande händelser, komponenter eller procedurer. Både PSA-modeller och resultat producerades till stor del för engångsbruk. En konsekvens var att dessa PSA:er ofta ganska väl uppfyllde aktuella mål, men att de inte var någon lämplig bas för fortsatta eller fördjupade analyser.

Under senare år har utvecklingen och användningen av PSA blivit mera iterativ, och syftar nu till att generera allsidiga modeller och resultat lämpade för fortsatt utveckling och för efterbearbetning. Både myndigheter och tillståndshavare har visat ett ökande intresse för att utnyttja probabilistiska metoder som ett medel att generera beslutsstöd i frågor som rör säkerhet och tillförlitlighet hos kärnkraftverk. Detta beror på en kombination av ökande PSA-kompetens, ökad kvalitet och användbarhet hos de anläggnings-specifika PSA-modellerna, och ökande förståelse och acceptans för PSA både hos SKI och hos tillståndshavarna.

Uppdatering och utveckling av PSA-modeller bedrevs fram till slutet av 1990-talet främst i kampanjform, normalt i samband med ASAR-redovisningar, vilket inneburit nya PSA-versioner med fem till tio års mellanrum. Numera uppdateras studierna mer kontinuerligt. Aktuella PSA för svenska kärnkraftverk har breddats och fördjupats avsevärt på många områden jämfört med tidigare versioner.



Tabell B3-1 Överblick över svenska PSA-aktiviteter

Fas	Nyckelord	Aktiviteter
1974 – 1980 Tidiga aktiviteter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risker från kärnkraftverk nära storstäder</li> <li>Jämförelser med WASH-1400</li> <li>Början av systematiska PSA</li> <li>Missödeshantering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Närförläggningsutredningen</li> <li>Energikommissionen</li> <li>Reaktorsäkerhetsutredningen</li> </ul>
1980 – 1985 Första omgången av periodiska säkerhetsredovisningar (ASAR 80)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genomförande av PSA för transienter och LOCA</li> <li>Utveckling av analysverktyg</li> <li>Diskussion av analysformat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De första PSA nivå 1</li> <li>Start av ASAR 80-programmet</li> <li>Nordiskt forskningsprogram NKA/SÄK</li> </ul>
1985 – 1990 Fullföljande av ASAR 80-programmet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datainsamling och -analys</li> <li>Användning av PSA för optimering av Säkerhetstekniska föreskrifter (STF)</li> <li>CCF-modeller</li> <li>Inneslutningens integritet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uppdatering av de första PSA:erna</li> <li>De första PSA nivå 2 påbörjas</li> <li>De första brand- och översvämning-PSA påbörjas</li> <li>Slutsatser från ASAR 80-programmet</li> <li>SUPER-ASAR - en jämförande granskning av genomförda svenska PSA</li> <li>Nordiskt forskningsprogram NKA/RAS</li> <li>Utveckling av effektiva datorverktyg för felträdsanalys</li> </ul>
1990 – 1995 Andra omgången av periodiska säkerhetsredovisningar (ASAR 90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fullständighet i befintliga PSA-modeller</li> <li>Modellering av CCI</li> <li>Diskussion om levande PSA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PSA nivå 2</li> <li>Start av ASAR 90-programmet</li> <li>Nordiskt forskningsprogram NKA/SIK</li> <li>APRI - Forskning kring haveri-utveckling</li> </ul>
1995 – 2000 Fullföljande av ASAR 90-programmet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Användning av PSA-resultat</li> <li>Tidsberoende analyser</li> <li>Säkerhetsindikatorer</li> <li>Konstruktionsanalys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slutsatser från ASAR 90-programmet</li> <li>Nordiskt forskningsprogram NKA/RAK</li> <li>Ökad detaljeringsgrad i LOCA-analyser</li> <li>Detaljerad modellering av funktionella beroenden (inklusive signaler och spänningsmatning)</li> </ul>
2000 – 2005 Kontinuerlig PSA-verksamhet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riskinformerad användning av PSA</li> <li>Fullständighet m.a.p. inledande händelser</li> <li>Fullständighet m.a.p. driftfaser</li> <li>Ökad realism i modellering och kvantifiering</li> <li>Kvalitetssäkring av PSA:er</li> <li>Levande PSA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nordiska PSA-gruppen</li> <li>Nordiskt forskningsprogram NKS</li> <li>PSA för yttre händelser</li> <li>PSA för uppgång, nedgång och avställningsperiod</li> <li>PSA-tillämpningar</li> <li>CCF-data internationellt</li> <li>Branddata internationellt</li> </ul>

## Bilaga 4 Utveckling av kravbilden

Efter haveriet Three Mile Island (TMI) startades år 1979 reaktorsäkerhetsutredningen (RSU) [7], med syftet att undersöka om det fanns anledning att omvärdera bedömningen av säkerhetsnivån i produktionen av elektricitet i kärnkraftverk, och föreslå möjliga säkerhetshöjande åtgärder i svenska kärnkraftverk samt att indikera behov av forskning avseende sådana åtgärder.

RSU:s slutsatser visade att det fanns anledning att delvis omvärdera slutsatser från tidigare säkerhetsvärderingar för kärnkraftverk. Det underströks att såväl tidigare säkerhetsanalyser som haveriet vid TMI indikerar ett behov av väsentligt utökade krav på säkerhetsaktiviteter i anslutning till kärnkraft. Dessa krav skall gälla alla delar av verksamheten, d.v.s. konstruktionen av anläggningarna och deras säkerhetssystem, övervakande myndigheters aktiviteter samt det dagliga säkerhetsarbetet i anslutning till drift och underhåll av kärnkraftverk.

I RSU betonas också behovet av att grundligt analysera erfarenheter från störningar och incidenter som inträffat under anläggningars drift och avställning i syfte att förhindra framtida haverier. Bland de förebyggande åtgärder som nämns ingår användningen av probabilistiska analyser i säkerhetsvärderingen av kärnkraftverk. Det rekommenderas därför att genomföra PSA för samtliga svenska anläggningar.

Det betonas också att det även med en hög säkerhetsnivå alltid kvarstår en risk för haverier. RSU rekommenderar därför att större uppmärksamhet skall ges åtgärder som syftar till att mildra konsekvenserna från sådana tänkbara haverier. Denna rekommendation ledde till avsevärda forskningsinsatser rörande konsekvenslindrande system, och resulterade till slut i att system för filtrerad tryckavlastning av inneslutningen installerades vid samtliga svenska kärnkraftverk. Detta program genomfördes huvudsakligen under 1980-talets andra hälft.

Som en följd av RSU:s rekommendationer beslutade riksdagen år 1981 att samtliga svenska kärnkraftverk skall genomgå minst tre fullständiga säkerhetsgranskningar under sin livstid. Rapporter om detta sammanställs av SKI vart 8-10 år och inlämnas till regeringen. Dessa rapporter skall sammanställas på basis av analyser genomförda av tillståndshavarna. Granskningarnas djup skall motsvara den SAR (Safety Analysis Report) som krävs för ursprunglig licensiering av anläggningarna. Av detta skäl valdes akronymen ASAR (As-operated Safety Analysis Report) för dessa återkommande säkerhetsgranskningar. ASAR:s fokus skall varieras från omgång till omgång.

År 1982 gav SKI ut riktlinjer för den första ASAR-omgången (ASAR 80) [5]. Dessa betonas följande:

- Huvudsyftet med ASAR-arbetet är att regelbundet genomföra en systematisk granskning och värdering av varje anläggnings säkerhetsstatus. Således skall ASAR-arbetet hjälpa både SKI och tillståndshavaren att se anläggningssäkerheten i ett längre perspektiv.
- ASAR-arbetet skall befördra systematisk dokumentation och erfarenhetsåterföring.
- ASAR-arbetet skall inkludera en systematisk genomgång och värdering av åtgärder som i 3-5 års perspektiv krävs för att upprätthålla och förbättra säkerheten vid anläggningen.

ASAR 80-programmet och parallella aktiviteter fick till resultat att PSA nivå 1 för inre händelser genomfördes för alla svenska kärnkraftverk. Det ledde också till en snabb utveckling av metoder, databaser och datorprogram för PSA.

Riktlinjer för den andra ASAR-omgången, ASAR 90, gavs ut av SKI år 1991 [6]. Jämfört med ASAR 80 lägger dessa riktlinjer större vikt på säkerhetens organisatoriska aspekter, på utvärdering av erfarenheter från drift och underhåll av anläggningen och på åldringsrelaterade frågor.

De PSA som kom fram inom ASAR 80-programmet hade en begränsad omfattning. Av detta skäl har ASAR 90-programmet ytterligare betonat behovet av att skapa en integrerad riskbild, lämplig att använda inom den LPSA-verksamhet (Living PSA) som började diskuteras under slutet av 1980-talet. Således krävs i ASAR 90-programmet följande utvidgningar av PSA:s omfattning:

- Driftmoder - både effektdrift, avställningsperioden och ned- och uppgång skall analyseras
- Inledande händelser - både inre och yttre händelser skall analyseras
- Konsekvenser - både nivå 1 (härdskada) och nivå 2 (radioaktiva utsläpp) skall analyseras.

De formella krav på utförande av PSA som gällde fram till ikraftträdandet av SKIFS 1998:1 [1] var kravet på ASAR och de direktiv som varit kopplade till ASAR. Vidare har SKI i samband med granskningar av tillståndshavarnas PSA:er fastställt granskningspromemorior, innehållande SKI:s uppfattning om genomförda studier. Dessa PM har haft en rådgivande karaktär och därigenom givit styrning åt studierna. Granskningspromemoriorna har sammantaget utgjort SKI:s uppfattning om genomförande av PSA.

Aktuella krav på PSA och PSA-verksamhet beskrivs i avsnitt 3.1.





[www.ski.se](http://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](mailto:ski@ski.se)

**WEBBPLATS/WEB SITE** [www.ski.se](http://www.ski.se)