

Kommentarer från SKI:s granskning av Oskarshamn 3 PSA

Sammanställt av:
Michael Knochenhauer
Torbjörn Andersson

December 1999

Kommentarer från SKI:s granskning av Oskarshamn 3 PSA

Sammanställt av:
Michael Knochenhauer¹
Torbjörn Andersson²

¹Impera-K AB, Kyrkvägen 20, 196 30 Kungsängen

²Safetech Engineering AB, Domkyrkoesplanaden 5B, 722 13 Västerås

December 1999

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

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	3
1.1	BAKGRUND.....	3
1.2	FORMER FÖR GENOMFÖRANDE AV GRANSKNINGEN	3
1.2.1	PSA nivå 1 för inre händelser och rumshändelser.....	3
1.2.2	PSA nivå 2 för inre händelser.....	3
1.3	UNDERLAG FÖR GRANSKNINGEN	4
1.4	GRANSKNINGENS MÅL.....	5
1.5	KOMMENTARER FRÅN GRANSKNINGEN.....	6
1.5.1	PSA nivå 1 för inre händelser och rumshändelser.....	6
1.5.2	PSA nivå 2 för inre händelser.....	6
2	SAMMANFATTANDE OMDÖME OM STUDIEN.....	7
2.1	NIVÅ 1 PSA FÖR INRE HÄNDELSE OCH RUMSHÄNDELSE.....	7
2.2	NIVÅ 2 PSA FÖR INRE HÄNDELSE	9
2.3	UPPDATERINGEN AV O3 PSA FRÅN REVISION 1 TILL REVISION 2	10
3	VIKTIGA PRINCIPIELLA FRÅGOR.....	12
3.1	ANVÄNDNING AV O3 PSA INOM OKG.....	12
3.2	FELTRÄDSMODELLENS HANTERBARHET	13
3.3	PROBABILISTISK ANALYS KONTRA BARRIÄRANALYS.....	14
3.4	REALISM	14
3.5	FULLSTÄNDIGHET.....	16
3.6	ANALYS AV DOMINERANDE RESULTAT	16
4	SUMMERING AV GRANSKNINGSKOMMENTARER TILL O3 PSA NIVÅ 1.....	17
4.1	O3 PSA SOM HELHET	17
4.1.1	Projektstyrning och QA	17
4.1.2	Målsättning.....	17
4.1.3	Dokumentation.....	17
4.1.4	Uppdaterbarhet och granskningsbarhet.....	17
4.2	INLEDANDE HÄNDELSE.....	18
4.2.1	Rörbrott.....	18
4.2.2	Transienter.....	19
4.2.3	CCI.....	20
4.3	SEKVENSANALYS (HÄNDELSETRÄDSANALYS)	22
4.4	SYSTEMANALYS.....	23
4.5	MODELLERING AV BEROENDEN.....	24
4.5.1	Funktionella beroenden.....	24
4.5.2	Modellering av lågredundanta CCF	24
4.5.3	Modellering av högredundanta CCF	25
4.6	MODELLERING AV MÄNSKLIG VÄXELVERKAN	26
4.6.1	Summering av OKG:s angreppssätt	26
4.6.2	Kommentarer till analysen av mänsklig växelverkan i O3 PSA	27
4.6.3	Kommentarer till modellen för analys av mänsklig växelverkan.....	29
4.7	DATA.....	33
4.7.1	Bashändelser.....	33
4.7.2	Test och underhåll.....	33
4.8	KVANTIFIERING OCH RESULTATPRESENTATION.....	34
4.9	KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS	35
4.10	YTTRE HÄNDELSE SAMT ANALYS AV BRAND OCH ÖVERSVÄMNING.....	36
4.10.1	Brand- och översvämningsanalys.....	36
4.10.2	Övriga yttre händelser.....	37
5	GRANSKNINGSKOMMENTARER TILL O3 PSA NIVÅ 2.....	38
5.1	PROJEKTRELATERADE FRÅGOR	38
5.1.1	Förutsättningar för analysen	38

5.1.2	<i>Projektstyrning och kvalitetssäkring</i>	38
5.1.3	<i>Syfte med analysen</i>	39
5.1.4	<i>Dokumentation</i>	39
5.2	ANALYSRELATERADE FRÅGOR.....	40
5.2.1	<i>Randvillkor för analysen</i>	40
5.2.2	<i>Koppling till nivå 1 PSA</i>	41
5.2.3	<i>Haveriutvecklingsträd (Containment Event Trees, CET)</i>	46
5.2.4	<i>Fenomenanalys</i>	53
5.2.5	<i>Deterministiska beräkningar (MAAP-analyser)</i>	57
5.2.6	<i>Källtermer och riskberäkning</i>	58
5.2.7	<i>Kvantifiering och resultatpresentation</i>	58
6	REFERENSER	61
7	BILAGA 1 SKILLNADER MELLAN REVISION 1 OCH 2 AV O3 PSA	1
8	BILAGA 2 KOMMENTARER TILL PSA O3 NIVÅ 1 (UTSKRIFT FRÅN DATABAS)	1
9	BILAGA 3 KOMMENTARER TILL PSA O3 NIVÅ 2	1

Tabeller

Tabell 4-1	Transientfrekvenser - Jämförelse mellan I-boken och KTH-modell.....	19
Tabell 4-2	Översikt över CCF-modell i O3 PSA.....	24
Tabell 5-1	O3 PSA nivå 2 - resultat enligt huvudrapporten (tabell 8.2).....	45
Tabell 5-2	O3 PSA nivå 2 - resultat enligt huvudrapporten (tabell 8.2).....	60
Tabell 5-3	O3 PSA nivå 2 - resultat med reviderad ÖT2-modellering.....	60

Figurer

Figur 4-1	Beräkning av sannolikheten för felaktigt manuellt ingrepp i PSA O3.....	27
Figur 4-2	Översikt över HRA-metodiken i PSA O3.....	32
Figur 5-1	Övergripande haveriutvecklingsträd (CET).....	48
Figur 5-2	CET för HS1 och HS2 enligt O3 PSA nivå 2 (data gäller HS2).....	50
Figur 5-3	CET för HS2 - alternativt utseende.....	50
Figur 5-4	CET för HS3 enligt O3 PSA nivå 2.....	51
Figur 5-5	CET för HS3 - alternativt utseende.....	51
Figur 5-6	CET för ÖT2 enligt O3 PSA nivå 2.....	52
Figur 5-7	CET för ÖT2 - alternativt utseende.....	53

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport redovisar SKI:s kommentarer till Oskarshamn 3 PSA. Analysen genomfördes i två steg (av OKG benämnda fas 1 och fas 2) vilka resulterade i två versioner av studien, revision 1 i april 1997 [1] med PSA-modell I9649 och revision 2 i augusti 1998 [2] med PSA-modell I9809 (HS2 och HS3) och I9649 (övriga sluttillstånd). SKI har granskat både revision 1 och 2 av O3 PSA nivå 1 och revision 2 av O3 PSA nivå 2.

Inom ett område, modellering och felträdsmodell för högredundanta CCF, har kompletterande diskussioner förts med Relcon AB.

1.2 Former för genomförande av granskningen

Granskningen av modeller och resultat av nivå 1-analysen för inre händelser, rumshändelser och yttre händelser genomfördes i två steg:

- Revision 1 granskades koncentrerat under fem dagar, 2-6 juni 1997. Granskningen baserades på ett preliminärt underlag från OKG
- Efter färdigställande av revision 2 har en jämförande genomgång av denna revision gjorts under perioden december 1998 - februari 1998; tidigare granskningskommentarer har vid behov kompletterats eller modifierats.

1.2.1 PSA nivå 1 för inre händelser och rumshändelser

Deltagare i granskningen av PSA nivå 1 var:

		Revision 1	Revision 2
Anders Hallman	SKI/RA		X
Lena Jacobsson-Kecklund	SKI/RM	(del av tiden)	
Christer Karlsson	SKI/RA	X	
Michael Knochenhauer	Impera-K AB	X	X
Michael Lindström	SKI/RI	X	
Bo Liwång	SKI/RA	(del av tiden)	
Jan Nirmark	SKI/RA	X	X
Ralph Nyman	SKI/RA	X	X

1.2.2 PSA nivå 2 för inre händelser

Granskningen av modeller och resultat av nivå 2-analysen (revision 2) genomfördes under perioden oktober - december 1998.

Deltagare i granskningen av PSA nivå 2 var:

Torbjörn Andersson	Safetech AB
Wiktor Frid	SKI/RR
Anders Hallman	SKI/RA
Michael Knochenhauer	Impera-K AB
Jan Nirmark	SKI/RA
Ralph Nyman	SKI/RA

1.3 Underlag för granskningen

Granskat underlag

1. OKG Oskarshamn 3 PSA, preliminär version, april 1997
2. OKG Oskarshamn 3 PSA, slutlig version, augusti 1998
3. OKG Felträdsmodell för O3 PSA på PC
4. KTH Prediktering av frekvens för inledande händelser
Centrum för säkerhetsforskning, juli 1996
5. Relcon Relcons HRA-metodik för PSA-analyser

Kompletterande underlag

1. OKG Oskarshamn 1 PSA, rev 2, appendix C (HRA-analys)
2. KSU/SKI T-boken, del 3 och 4
3. SKI I-boken, del 2
4. SKI Granskning av PSA O1 revision 2, SKI/RA 13/95
5. SKI Summering av granskningar av PSA O1, SKI/RA 22/95
6. Mankamo CCF Analysis of Hydraulic Scram and Control Rod
Systems in the Swedish and Finnish BWR Plants,
SKI Report 96:77
7. Hollnagel Manual Interventions in Oskarshamn 1 PSA 94,
SKI Report 95:5

1.4 Granskningens mål

Med tanke på OKG:s och SKI:s förväntade användningen av O3 PSA i framtiden, sattes följande mål upp för SKI:s granskning:

Bedömning av studiens trovärdighet

- kvalitet i dokumentation (begriplighet, fullständighet, referenser, etc.)
- täckningsgrad (system, inledande händelser, fenomen, etc.)
- representativitet (rimlighet i studiens detaljeringsgrad, beskrivning och modellering av anläggningen och av missödessekvenser)
- bakgrundsanalyser (systemkrav, fenomen, tillgängliga tider etc.)

Bedömning av studiens användbarhet

- SKI:s framtida användning av studien
- OKG:s framtida användning av studien

Värdering av randvillkor och begränsningar

- resultatpåverkan från kända eller identifierade begränsningar, förenklingar, konservatism, icke-konservatism, etc.
- identifiering av kritiska randvillkor inom befintlig nivå 1 PSA
- underförstådda mekanismer
- förenklade/trunkerade analyser
- systemkrav och systemkreditering
- känslighetsanalys av viktiga randvillkor och begränsningar
- behandling av erfarenheter för system och av RO

Fullständighet (bedömning av inverkan från saknade analyser)

- analys av avställningsperiod
- yttre händelser (utöver brand och översvämning)
- nivå 2 rumshändelser

Genomgång av dominerande resultat

- robusthet (värdering av HS-nivå, resultat från känslighetsanalyser och medvetna konservatism)
- acceptanskriterier
- användning av osäkerhetsanalys samt värdering av osäkerheter
- jämförelse av resultat från analys av yttre händelser med nivå 1 PSA
- jämförelse av resultat och slutsatser från nivå 1-analys med d:o från nivå 2-analysen

1.5 Kommentarer från granskningen

Granskningarna av PSA nivå 1 och nivå 2 har dokumenterats på delvis olika sätt och beskrivs därför var för sig.

1.5.1 PSA nivå 1 för inre händelser och rumshändelser

Huvudrapporten innehåller övergripande värderingar och summeringar av detaljkommentarer. Detta redovisas i avsnitt 2.1 och kapitel 4.

Alla kommentarer som kräver svar eller åtgärd presenteras i bilaga 2; bilagan är dokumenterad som en Accessdatabas.

Samtliga kommentarer har klassificerats med avseende på typ, viktighet och status. Statusklassificeringen kommer att fyllas i efter OKG:s första genomgång av kommentarerna. Följande klassificering används:

Typ

F	Fråga eller förtydligande
KD	Dokumentationsanmärkning
KF	Kommentar rörande fullständighet
KR	Kommentar rörande randvillkor

Viktighet

A	Mycket viktig
B	Viktig
C	Övriga

Status

OK	Klar
F	Frågan besvaras av OKG
D	Dokumentationen ändras eller kompletteras
A	Analysen ändras eller kompletteras
K	Kvarstår (ej löst)

1.5.2 PSA nivå 2 för inre händelser

Samtliga kommentarer till O3 PSA nivå 2 ges i den löpande texten. I avsnitt 2.2 ges ett sammanfattande omdöme om studien, medan kapitel 5 redovisar detaljkommentarerna. För att underlätta OKG:s fortsatta hantering av granskningskommentarerna, har även en summerande tabell tagits fram. Denna presenteras i bilaga 3, och inkluderar alla kommentarer som kräver svar eller åtgärd.

2 Sammanfattande omdöme om studien

I det följande kommenteras nivå 1 och nivå 2 PSA separat. Avslutningsvis ges i ett avsnitt några summerande kommentarer till uppdateringen av PSA O3 från revision1 till revision 2.

2.1 Nivå 1 PSA för inre händelser och rumshändelser

Helhetsintrycket av studien är gott. Arbetet har bedrivits med en hög ambitionsnivå, vilket resulterat i en väl dokumenterad studie med i grunden god täckningsgrad. Strukturen i dokumentationen är väl genomtänkt och den presenterade informationen i allmänhet tillräcklig. Studien är lätt att hitta i, och nödvändiga referenser till kompletterande information inom och utom studien finns. Som ett resultat är granskningsbarheten god och studiens ger ett intryck av att vara väl anpassade för underhåll och uppdatering under kontrollerade former.

I studien ingår såväl inre som yttre händelser, där de yttre händelserna utgörs av rumshändelserna brand och översvämning inom anläggningen. Som en positiv punkt kan det noteras att en kvalitativ genomgång gjorts även av s.k. övriga yttre händelser (d.v.s. händelser andra än rumshändelser). Genomgången resulterade i att ett antal händelser valdes ut för fortsatt analys; den fortsatta analysen ingår dock ej i aktuell version av PSA O3.

Analysen av möjliga *inledande händelser* gör i huvudsak ett heltäckande intryck. För transienter används både vid identifiering, klassificering och kvantifiering i första hand anläggningens egen statistik. Den modifierade modell för kvantifiering som presenteras (skiljer sig från I-boken) bedöms i huvudsak vara rimlig; skillnaden mot I-bokens punktskattningar är dock liten. Rörbrott analyseras med en modell som baseras på en anläggningsspecifik anpassning av generiska data; de problem som finns här är i huvudsak gemensamma för alla svenska PSA.

Vad gäller CCI, (Common Cause Initiators, d.v.s. händelser som medför en transient samtidigt som de försvagar anläggningens barriärer), är analysen mindre invändningsfri. Analysen har förenklats genom avsevärd konservatism i samband med identifiering och kvantifiering av händelserna. Detta i kombination med vissa CCI-händelsers stora bidrag till PSA:ns totalresultat gör resultaten svårtolkade. En förfining av analysen och en strävan efter ökad realism bedöms vara nödvändig inom detta område. I revision 2 av analysen har några viktiga steg i denna riktning tagits.

Sekvensanalysen är väl dokumenterad, bl.a. i en uppsättning funktionsblocksdiagram som utgör ett viktigt komplement till händelseträden. Ur diagrammen framgår tillgängliga och krediterade system vid olika utveckling av en potentiell missödessekvens. Vad gäller grunden för analysen, d.v.s. krediterade system och systemkrav för dessa, verkar ansatsen i vissa fall vara alltför konservativ. Detta gäller även för kreditering av manuella ingrepp. Således sägs det att systemkrav enligt FSAR i princip gäller och att manuella ingrepp inom 30 minuter efter början av en sekvens generellt ej krediteras, vilket i en del fall verkar leda till orimlig konservatism även i resultaten. Kravet är deterministiskt och bör ej tillämpas i en PSA. I en del fall framgår detta direkt

ur studiens resultat, i andra fall är påverkan mera svåruppskattad. Sammantaget bidrar detta till att göra resultaten svåra att tolka korrekt, och därmed mindre användbara.

Detaljeringsnivån i utvecklade *systemmodeller* är mycket hög, vilket i grunden är positivt, eftersom det möjliggör en korrekt och realistisk modellering av funktionella beroenden och rumsberoenden mellan system och komponenter. Detaljeringsnivån har dock blivit så hög att vissa delmål med studien äventyras. Således har man haft problem med detaljgranskning av systemanalyser och med att i existerande programvara (Risk Spectrum) hantera och kvantifiera modellen. Det senare problemet kommer troligen att minska med en Windows-version av programmet. Ett annat mera svårbemästrat problem, är att modellerna kräver mycket långa kvantifieringstider, vilket försvårar en iterativ och flexibel användning av PSA:n. Användning inom LPSA (living PSA) kan komma att försvåras och till en del omöjliggöras.

Analysen av *beroenden* av CCF-typ, är vad gäller omfattning och metodval i nivå med aktuell status inom området i Sverige. För högreduanta CCF (d.v.s. grupper omfattande fler än fyra komponenter) används genomgående HIDEP-modellen, vilket bedöms ge numeriskt rimliga felfrekvenser, men framför allt medfört en konsekvent och spårbar modellering av dessa komplexa beroenden.

Analysen av *mänskligt felhandlande* är mycket begränsad, och är begränsad till analysen av inre händelser nivå 1. Endast tre ingrepp har analyserats i detalj, medan ytterligare ett antal ingrepp har behandlats efter schabloner. Eftersom inga bedömningar redovisas om hur urval och viktighetsrankning av analyserade manuella ingrepp i O3 skett, blir intrycket att analysen ej är komplett. Analysen baseras på en modifiering av den metodik som utvecklades för O1 PSA. Helhetsintrycket är här att metodiken är behäftad med vissa inkonsekvenser. Dessa rör främst dokumentation och motivering av förutsättningar för metodiken, modellering av recovery, hantering av påverkansfaktorer, och definitionen och användningen av viktning inom och mellan de olika elementen. Dessa inkonsekvenser leder i en del fall till numeriska orimligheter, och medför generellt brister i jämförbarhet mellan olika manuella ingrepp. Intrycket är ändå att metodiken kan bli användbar efter viss vidare utveckling.

I *dataanalysen* utnyttjas för komponenter i första hand grunddata från T-boken, vilket är i linje med praxis. För komponenter som inte omfattas av T-boken används i en del fall föråldrade referenser vars applicerbarhet kan ifrågasättas. Generellt har alltför grova approximationer använts då parametrar skattats som berör underhåll av anläggningen. FSAR:s maximala tillåtna hindertider har använts för både avhjälpande och förebyggande underhåll; detta har i vissa fall, stor riskpåverkan. Detta är en onödig konservatism, eftersom O3-specifika data borde kunna tas fram med en ganska liten insats. Generellt bedöms också anläggningsspecifik information ha använts i alltför liten utsträckning. Således har ingen RO-genomgång gjorts inom PSA:n och systemspecifika drifterfarenheter redovisas i systemanalyserna men verkar inte

användas. Aktivt eget arbete angeläget både för grunddata och för beräkning av CCF-parametrar.

Analysen av *rumshändelser* presenteras som en del av analysen av beroenden, men är i praktiken helt fristående. Rubriceringen av analyserna, ”Brand” respektive ”Översvämning” är delvis missvisande med tanke på de starkt förenklade analyser som presenteras. Den redovisade analysen är i allt väsentligt en generell barriäranalys m.a.p. rumsberoenden i anläggningen. Eftersom resulterande riskbidrag med den valda metoden är stora, bedöms förenklingen ha drivits för långt, alternativt analysen ej vara avslutad. Det finns med dagens modellering och resultat uppenbara problem både vad gäller jämförelse med säkerhetsmål och riskbidrag från inre händelser och vid prioritering av säkerhetshöjande åtgärder.

Som framgår av beskrivningen ovan, rör kritiken av analysen i första hand delar av den överordnade analysfilosofin, principer vid val av förutsättningar och randvillkor samt analysen och tolkningen av studiens resultat.

Således baseras analysen på en blandning av realistiska antaganden och medvetna konservatism. Detta medför problem med resultatolkningen. Delar av analysen utgörs av vad som upplevs som ej slutförda sällningar (screening). Detta gäller t.ex. hela analysen av rumshändelser, analysen av CCI och analysen av mänsklig växelverkan.

Helhetsintrycket blir att delar av analysen behöver utvecklas vidare, antingen mot större realism (för sådant som ger betydande riskbidrag) eller genom att påbörjade sällningar fullföljs (för sådant som ger små eller försumbara riskbidrag). Med gällande modellering blir en korrekt värdering och prioritering av säkerhetshöjande åtgärder mycket svår.

2.2 Nivå 2 PSA för inre händelser

Oskarshamn 3 PSA nivå 2 har bedrivits som ett separat projekt, och har både organisatoriskt och tekniskt bedrivits oberoende av O3 PSA nivå 1. Det är vidare uppenbart att O3 PSA nivå 2 bedrivits med en avsevärt lägre ambitionsnivå än nivå 1-analysen, både vad gäller resurser och stringens i den formella hanteringen av projektet, t.ex. med avseende på dokumentation och extern granskning. Rapporten innehåller ett flertal slarvfel vilka med stor sannolikhet hade upptäckts om de som utförde nivå 1-studien hade utnyttjats för granskning av nivå 2-studien. Dessa slarvfel är sådana att de har en mycket stor inverkan på studiens slutresultat. Omfattningen och relevansen av OKG:s interna och externa granskning av arbetet är oklar.

Det är i kopplingen mellan nivå 1 och nivå 2 PSA som de allvarligaste bristerna i studien ligger. Detta gäller i stort sett alla viktiga beröringspunkter:

- Definitionen av stationstillstånd är starkt förenklad, och beaktar endast en del av de kritiska parametrarna m.a.p. haveriutveckling.
- En boolesk koppling mellan systemmodellerna saknas, trots att både nivå 1-händelsetråd och haveriutvecklingstråd (CET) innehåller aktiva säkerhetssystem. Detta innebär att funktionella beroenden m.a.p. hjälpsystem försummas.

- Haverihanteringssystemen krediteras dubbelt (både i nivå 1 och 2). Vid text utebliven resteffektkylning med de ordinarie resteffektkylsystemen i nivå 1-studien tillgodoräknas system 322 oberoende och system 362. Även om dessa system felfungerat i nivå 1-studien antas de senare kunna fungera i nivå 2-studien. Detta har naturligtvis en direkt och uppenbar påverkan på studiens slutresultat.
- Övertryckning av reaktortanken har behandlats på ett sätt som innebär att den i sin helhet hör hemma i nivå 1-studien. Frekvensen har räknats om med mildare systemkrav och återstående frekvens (under en promille av ursprungsfrekvensen) postulerats medföra liten LOCA; någon påverkan på inneslutningen inte analyseras.
- En av slutsatsen i analysen är att de konsekvenslindrande systemen medför att härdsfälta kan undvikas i 84% av de analyserade fallen. Om samtliga fall utelämnas då härdsfel förhindras på grund av att mildare systemkrav ställs på system 314 (enligt ovan), blir resultatet i stället att härdsfälta kan undvikas i 22% av fallen. Andelen härdsfel som medför ofiltrerat utsläpp ökar med en faktor 5 till ca 0.20%.

Man har i studien inte aktivt försökt identifiera och modellera dynamiska effekter som kan skada inneslutningen. Flera potentiellt relevanta fall nämns inte, och övriga fall har nästan genomgående försumrats med den ostyrkta motiveringen att riskbidraget är försumbart. Resultatet av detta är att studien implicit postulerar lugna härdsfälteförlopp som i sämsta fall resulterar i utsläpp via 362. Mot denna bakgrund är analysens ”goda” resultat inte särskilt överraskande, och både kvalitativt och kvantitativt tämligen magra på innehåll.

Inom vissa områden har ambitiösa ansatser gjorts. Detta gäller både de välskrivna och informativa fenomenrapporterna och en del andra analysrapporter. Även här är dock bakgrunden till genomförandet oklar och integrationen i studien otillräcklig.

Sammantaget har dessa faktorer bidragit till en oklarhet om analysresultatets relevans och därmed också om nivå 2-analysens användbarhet för uttalade syften.

2.3 Uppdateringen av O3 PSA från revision 1 till revision 2

I bilaga 1 redovisas i tabellform en översiktlig jämförelse mellan revision 1 och revision 2 av O3 PSA. Sammanfattningsvis kan det noteras att O3 PSA förbättrats på flera punkter i samband med uppdateringen till revision 2. Dessa förbättringar berör i många fall områden som upplevdes som problematiska vid SKI:s granskning av revision 1 av studien. Intrycket är att OKG haft ett rimligt och strukturerat angreppssätt med avseende på utveckling av PSA:n.

Positiva förändringar kan noteras inom flera områden:

- Subavställningar har beskrivits och modellerats på ett mera detaljerat och realistiskt sätt. Av kapacitetsskäl har vissa förenklingar fått göras, vilket bedöms vara rimligt. En diskussion behövs dock av resulterande riskpåverkan från subavställningar och eventuellt behov av förfinad/ändrad modellering.

- CCI-frekvenser är bättre underbyggda, och för el-CCI görs försök att beräkna bortfallsfrekvenser baserat på T-boken, vilket är positivt. Intrycket är dock att T-boksdata använts på ett felaktigt sätt, eftersom redovisade frekvenser inte speglar CCI-situationer. Förfarandet resulterar i osannolikt höga bortfallsfrekvenser (total CCI-frekvens blir 0.5/år för modellerade elskenor). Med kvarstående troligtvis konservativa bedömning om anläggningspåverkan av dessa CCI, torde det beräknade riskbidraget fortfarande vara för stort.
- I analysen av el-CCI har man mera systematiskt diskuterat om bortfall verkligen leder till transient, och på basis av detta strukit vissa CCI. Detta medför ökad realism i modellen. Fortfarande finns dock medveten konservatism i flera av antagandena.
- Modellering av yttre nätbortfall har inte ändrats i sig, d.v.s. bortfall antas fortfarande bestå i 20 timmar. Däremot används mera realistiska data för obefogat stopp av diesel och gasturbindrift; en uppdelning görs på 0-2 timmar och 2-20 timmar. Ändringen torde ha resulterat i ökad realism.

Det finns dock inom vissa områden anledning att ifrågasätta den reviderade studien:

- Antalet känslighetsanalyser har ökat till 7 mot tidigare 5, men är fortfarande alldeles för litet. Dessutom har redovisning av resultat för bashändelsegrupper (enskilda system, MTO, CCF...) utgått, vilket är en försämring jämfört med revision 1.
- Kvantifieringen är svårtolkad och inkonsekvent, eftersom uppdateringen ej genomförts fullt ut. Omkvantifiering har gjorts för konsekvenserna HS2 och HS3, medan man för övriga konsekvenser utnyttjar resultat från revision 1. Ändringarna verkar göra vissa HS1-resultat från revision 1 irrelevanta, samtidigt som resultaten fortfarande redovisas som gällande. Man borde som ett minimum ha omkvantifierat övriga konsekvenser med nya inledande händelsefrekvenser.
- Som en följd av att uppdateringen är endast partiell, står dokumentationen för revision 2 ej på egna ben, utan är på flera håll direkt eller indirekt beroende av revision 1. Detta har inte beskrivits.
- Vissa uppenbara områden där en iteration av analysen hade varit både befogad och angelägen har ej uppdaterats. Detta gäller t.ex. nivå 2 PSA där enda skillnaden mellan rev 1 och 2 är frekvens för stationstillstånd från nivå 1 PSA. Det gäller i minst lika hög grad analysen av operatörsingrepp, där det minimala urvalet av detaljanalyserade händelser ej utökats, trots att revision 1 av analysen indikerade att flera riskkritiska ingrepp ej detaljanalyserats.

3 Viktiga principiella frågor

Mot bakgrund av O3 PSA:s uppläggning och innehåll, har ett antal viktiga principiella frågor identifierats, och diskuterats separat efter avslutad granskning. Detta gäller följande frågor:

- Användning av O3 PSA inom OKG
- Felträdsmodellens hanterbarhet
- Probabilistisk analys kontra barriäranalys
- Realism
- Fullständighet
- Analys av dominerande resultat

3.1 Användning av O3 PSA inom OKG

OKG har i studien angivit ett tiotal användningsområden; speciellt görs detta i sammanfattningens avsnitt S.1.2. Förutsättningarna att inom OKG på ett effektivt sätt använda studien och den logiska modellen i de användningsområden som är specificerade i studien diskuterades under granskningen:

1. Beräkning av anläggningens säkerhetsnivå m.a.p. härdskadefrekvenser
Detta är delvis möjligt, men konservatism och förenklingar komplicerar bedömningen
2. Identifiering och värdering av beroenden mellan funktioner, system och komponenter
Identifiering är möjlig, men värdering kompliceras av studiens många konservatism och förenklingar med stor resultatpåverkan
3. Identifiering av områden där säkerheten kan förbättras samt värdering av förbättringsåtgärder
Förutsättningar finns för grundstudien. Detta beror dock till största delen av efterbearbetningen av PSA:ns resultat. Även detta kompliceras dock av studiens många konservatism och förenklingar med stor resultatpåverkan
4. Verifiering av uttalade och outtalade krav som ställs på anläggningen
En precisering krävs av vad som avses med outtalade krav. Delvis är detta möjligt, t.ex. för deterministiska förutsättningar medan t.ex. verifiering av krav från probabilistiska acceptanskriterier inte är möjlig. Detta beror dock till stor del på efterbearbetningen av PSA:ns resultat.
5. Riskuppföljning
Förutsättningar finns. Detta kompliceras en hel del av konservatism i modellering och randvillkor; exempelvis kan aldrig brand- och översvämning ingå i en riskuppföljning, vilket innebär att den skulle vara ofullständig. Det finns stora praktiska problem, genom att analysiderna med Risk Spectrum blir opraktiskt långa.
6. Optimering av testintervall
En värdering är möjlig, medan en optimering ej är möjlig inom ramen för en PSA, utan kräver separata analyser som beaktar fler parametrar, t.ex. sådant som talar emot en generell förkortning av testintervall. Även här kommer konservatism att försvåra.

7. Bestämning av reparationskriterier
Förutsättningar finns. Detta kompliceras en hel del av konservatismen i modellering och randvillkor. Det finns stora praktiska problem, genom att analystiderna med Risk Spectrum blir opraktiskt långa.
8. Utgöra bas för genomförande av en nivå 2-analys
Till en del uppfyllt, men ej helt tillvarataget genom den uppläggning som analyserna fått. Förutsättningarna är inte de bästa i och med att analyserna ej har samplanerats, problem finns t.ex. för definitionen av PDS samt koordinering av HRA-analysen.
9. Utgöra bas för genomförande av en PSA för uppgångs- och nedgångsperioden
Uppfyllt.
10. Uppfylla krav på spårbarhet, fullständighet och förståelse
Detta är till stora delar föredömligt gjort. Vissa problem finns dock vad gäller Risk Spectrum-modellen.

Bedömningen är att flertalet mål f.n. kan uppnås endast delvis. Det är i stor utsträckning förenklingar och konservatism, samt i en del fall datorproblem, som komplicerar användningen. Om användningen inom definierade områden sker för en riskbild baserad endast på PSA nivå 1 inre händelser, bedöms det finnas en risk för underskattningar eller felaktiga slutsatser och prioriteringar.

3.2 Felträdsmodellens hanterbarhet

O3 PSA har drivits till en extrem detaljeringsnivå, vilket förutom behovet av ett omfattande kartläggningsarbete även inneburit att beräkningsprogrammets kapacitet överskridits och att beräkningstiderna blivit mycket långa. Det finns både för- och nackdelar med den stora detaljeringsnivån, viktiga exempel är:

Fördelar

- Möjliggör explicit modellering av rumsberoenden och av funktionella beroenden, vilket är en förutsättning för korrekta analyser av rumshändelser och CCI
- Möjliggör verifiering av vissa deterministiska förutsättningar

Nackdelar

- Långa exekveringstider komplicerar både grundanalys och LPSA-tillämpningar, d.v.s. iterativ användning av modellen. Frågan är om kontinuerlig riskuppföljning överhuvudtaget är möjlig med befintlig modell.
- Risk finns för fragmentisering av resultat, d.v.s. överblicken över de totala resultaten kan förloras p.g.a. stor detaljeringsnivå i cutsetlistorna
- Kapacitetsproblem medför att höga trunkeringsvärden måste användas. Detta kan medföra både ett stort trunkeringsfel och förlorad information.
- Risk finns för trunkerung av stora mängder cutsets och bidragande faktorer på lägre frekvensnivå, vilket minskar informationsinnehållet i resultatet och försvårar känslighetsanalys.
- Koppling mellan nivå 1 och nivå 2 via logisk modell förloras
- Kräver förenklad definition av anläggningstillstånd i nivå 2 PSA, vilket innebär att en fysikaliskt sett inkomplett modell fås

Ett möjligt angreppssätt som kunde diskuteras är att använda den detaljerade kartläggningen huvudsakligen för den kvalitativa analysen, men arbeta med en förenklad modell i den kvantitativa analysen och i LPSA-tillämpningar.

3.3 Probabilistisk analys kontra barriäranalys

Med begreppet ”probabilistisk analys” i rubriken menas att PSA-modellen byggts upp på ett sätt som i största möjliga mån är realistiskt både kvalitativt och kvantitativt, d.v.s. bygger på anläggnings-specifika faktorer och drifterfarenheter. Detta gäller t.ex. frekvens för inledande händelser, systemkrediteringar och systemkrav, feldata för komponenter, val av parametrar i CCF-modell, analys av mänsklig växelverkan samt förebyggande och avhjälpande underhåll. Som ett resultat fås ett resultat som kan tolkas i absoluta termer (om än med förbehåll), exempelvis genom att jämföra det med ett säkerhetsmåttal eller genom inbördes jämförelser av olika inledande händelser.

Utgående från en realistisk modell, kan barriäranalys utföras. En barriäranalys innebär att vissa randvillkor och förutsättningar postuleras, ofta men inte nödvändigtvis alltid konservativt. Analysen ger som resultat godhetstal, som värderar styrkan i kvarvarande barriärer. Resultaten kan jämföras relativt, d.v.s. inom en grupp av händelser. En fördel med metoden är att den eliminerar många gemensamma osäkerheter.

Således är barriäranalysen ett användningsområde för en probabilistisk analys, men kan ej ersätta den. O3 PSA är till stora delar en barriäranalys, d.v.s. den bygger för vissa grupper av inledande händelser på starkt förenklade randvillkor och förutsättningar. Detta leder till en oklar gränsdragning i O3 PSA. Problem fås både vid jämförelse mellan delresultat och vid jämförelse av PSA:ns totala resultat med acceptanskriterier.

Exempel på områden i O3 PSA där barriäranalys helt eller delvis har ersatt probabilistiska ansatser är:

- Brand- och översvämningsanalyserna
- CCI-analys; frekvens och anläggningspåverkan
- Kreditering av manuella ingrepp
- Generell 30-minutersgräns för kreditering av manuella ingrepp
- 727-modell
- Användning av tillåten hindertider i STF som MTTR för komponenter och system

Bedömningen från granskningen är att detta är det viktigaste problemområdet i O3 PSA, som har störst påverkan på möjligheterna att tolka och använda studiens resultat och modeller.

3.4 Realism

En integrerad värdering av PSA-resultat ställer krav på att PSA:ns olika delar är rimligt jämförbara, vilket i sin tur förutsätter att de i görligaste mån modellerats på ett realistiskt sätt. Viktigast är att undvika icke-konservatism, d.v.s. att undvika underskattning av risken till följd av att relevanta inledande

händelser uteslutits eller i övrigt alltför optimistiska antaganden gjorts i analysen. Även konservatismen bör dock undvikas. För att förenkla analysen måste ibland konservativa antaganden göras. Detta kan vara nödvändigt och rimligt vid sällning (screening), bristande kunskap eller om antagandet har liten resultatpåverkan; i grunden bör dock en realistisk analys vara målet.

Det finns i O3 PSA flera viktiga exempel på medvetet valda konservativa och icke-konservativa antaganden och randvillkor.

Exempel på konservatismen:

- Förutsättningar och randvillkor i analysen av rumshändelser (brand och översvämning)
- Systemkrav valda enligt FSAR
- Systemkrav i ATWS-analys och definitionen av sluttillstånd HS1
- Ingen kreditering av manuella ingrepp inom 30 minuter
- Maximalt tillåten hindertid enligt STF används för otillgänglighet t.f.a. avhjälpande underhåll

Exempel på ickekonservatismen:

- Täthet skalventiler i inneslutningen - detta har påverkan på nivå 2 PSA
- Postulerad stängning av skalventiler vid Y-LOCA
- Kriterier för screening av I-LOCA
- Antagande om stängda dörrar respektive översvämningsluckor i brand- och översvämningsanalys
- Exkluderande av mänsklig växelverkan av typ B (errors of commission)

Konsekvenserna av flera av de uppräknade konservatismerna har diskuterats i föregående avsnitt om probabilistisk analys kontra barriäranalys. Vad gäller realism, kan konstateras att studien saknar en samlad värdering av dessa medvetet valda konservatismen och icke-konservatismen.

Användning av screeninganalyser i O3 PSA är ej stringent. Det slarvas i studien med begreppet "screening". En sällning (screening) skall användas då man ur en mängd potentiellt relevanta fall väljer ut de fall som behöver behandlas vidare. Detta görs genom att påvisa att vissa (ibland alla) fall kan försummas även med antaganden som är erkänt konservativa. För fall som ej sällats bort kan ytterligare sällningar göras med successivt allt mindre konservativa antaganden, vilket kan leda till att ytterligare fall sällas bort. För de fall som till slut återstår måste en realistisk analys göras.

I O3 PSA har man i många fall (t.ex. i analys av CCI och rumshändelser) påbörjat en sällning, genom att göra en kvantifiering med erkänt konservativa antaganden. Baserat på resultatet har vissa händelser sällats bort, andra behållits. Problemet är att det inte påvisats att bidragen från bortsällade händelser är försumbara med gjorda antaganden.

Analysernas resultat har dessutom behandlats på ett inkonsekvent sätt:

1. CCI-händelser ingår fortfarande i PSA:ns integrerade resultatpresentation, och ger där med screeningantaganden ett dominerande riskbidrag

2. Rumshändelser ger också dominerande riskbidrag, men har på oredovisade grunder uteslutits ur den totala resultatvärderingen

3.5 Fullständighet

Kravet på fullständighet består egentligen av två delar:

1. Fullständighet m.a.p. beaktade inledande händelser
2. Fullständighet m.a.p. analyserade drifttillstånd (effekt drift - uppgång/nedgång - revisionsavställning)

Härutöver kan diskuteras på vilken nivå resultaten skall presenteras: härdskada, radioaktiva utsläpp eller omgivningspåverkan.

För O3 PSA (nivå 1) kan konstateras att fullständigheten med avseende på beaktade inledande händelser är god. Det är uppenbart att stor vikt har lagts vid att försöka identifiera och värdera alla relevanta inledande händelser.

Studien innehåller utöver explicit analyserade inledande händelser även en genomgång och värdering av övriga yttre händelser, vilket är positivt. I vissa fall anges att kompletterande analyser krävs; en plan för genomförandet av dessa bör redovisas.

Avställningsperioden skall ingå i analysen enligt ASAR 90 rampromemoria (nivå 1 och 2 PSA). En tidplan för komplettering av O3 PSA krävs.

Nivå 2 PSA omfattar endast inre händelser. Detta är acceptabelt endast om det kan visas att rumshändelser och yttre händelser ej ger signifikanta riskbidrag på denna nivå.

3.6 Analys av dominerande resultat

Resultatanalysen görs i O3 PSA i två steg:

- 1) PSA-konsulten analyserar och presenterar resultat samt genererar en uppsättning standardiserade känslighets- och osäkerhetsmått
- 2) OKG gör en separat resultattolkning som presenteras i ett eget dokument, ej ingående i PSA O3.

I princip är detta ett rimligt förfarande. Det riskerar dock att ge en alltför ytlig resultatanalys. Det vore en fördel om dessa bägge delar integrerades analysmässigt, vilket är fullt möjligt med bibehållen separation av dokumentationen. Resultatanalysen är begränsad och saknar, även om vissa ansatser finns, en systematisk identifiering och värdering av:

- kritiska manuell ingrepp
- kritiska beroenden
- kritiska osäkerheter
- kritiska randvillkor
- kritiska förenklingar
- kritiska konservatisme
- kritiska icke-konservatisme

Det är också viktigt att den avslutande resultatanalysen väger samman resultaten från PSA nivå 1 och 2.

4 Summering av granskningskommentarer till O3 PSA nivå 1

4.1 O3 PSA som helhet

4.1.1 Projektstyrning och QA

Projektstyrning och QA beskrivs dels i introduktionen (kapitel 1), dels i appendix G. Beskrivningen berör i första hand Relcons arbete med nivå 1 PSA. En beskrivning även av OKG:s arbete vore önskvärd. Med detta avses granskning, leverantörsbedömning etc.

I beskrivningen av projektstyrning saknas en beskrivning av nivå 2 PSA samt av hur samordningen och växelverkan mellan nivå 1 och nivå 2 PSA hanterats. En sådan beskrivning bör utarbetas.

Generellt finns det ett definitionsproblem - vad avses egentligen med "O3 PSA"? Intrycket som fås från studien är att O3 PSA för OKG är i det närmaste liktydigt med nivå 1-analysen av inre händelser. Utanför denna definition finns såväl nivå 1-analysen av rumshändelser och hela nivå 2-analysen. Vad har då dessa analyser för roll, och hur avser OKG att använda dem? Detta är viktiga principiella frågor som bör besvaras inom ramen för studien.

För att komma tillrätta med den ovanligt omfattande felträdsmodellen har man studien använt en inofficiell version av Risk Spectrum. Versionen är godkänd men ej validerad och verifierad. Avvikelsehanteringen och grunder för värderingen framgår ej.

4.1.2 Målsättning

Granskningens kommentarer till OKG:s mål med O3 PSA diskuteras i detalj i avsnitt 3.1 ovan om användning av O3 PSA inom OKG.

4.1.3 Dokumentation

Den skrivna dokumentationen av O3 PSA nivå 1 är föredömligt upplagd till såväl struktur och innehåll som till omfattning. Referenser inom och utanför PSA:n finns i tillräcklig utsträckning.

Kapitel 1, Introduktion till PSA O3, ger en kort men bra introduktion till studien. Det hade varit önskvärdt att bättre integrera analys av rumshändelser i beskrivningen. Dessutom saknas nivå 2 PSA helt i beskrivningen.

Vad gäller datormodellen, så finns här vissa brister vad gäller dokumentation och spårbarhet, t.ex. vad gäller beskrivning av hushändelser.

4.1.4 Uppdaterbarhet och granskningsbarhet

Den höga kvaliteten i dokumentationen innebär att uppdaterbarheten bedöms vara god. Eventuella problem vid granskning beror i första hand på datormodellens stora omfattning, och i viss mån på de ovan påtalade brister som finns i dokumentationen av datormodellen.

4.2 Inledande händelser

Analysen presenteras i ett eget avsnitt (kapitel 3). Den information som presenteras i kapitlet är till omfattningen mycket liten, och egentligen mera att betrakta som en metodbeskrivning än som en analys. I vissa fall finns kompletterande information på annat håll i PSA:n (gäller t.ex. LOCA och CCI), men referenser saknas. En utökning av kapitlet rekommenderas.

4.2.1 Rörbrott

Analysen av rörbrott inkluderar rörbrott innanför inneslutningen (LOCA), yttre rörbrott (Y-LOCA) och rörbrott p.g.a. obefogad trycksättning av lågtryckssystem (s.k. interfacing LOCA, I-LOCA). I-LOCA behandlas i O3 PSA som generell CCI.

Analysen av rörbrott innanför inneslutningen utgår från en kvalitativ kartläggning av rör. Kartläggningen har två syften:

- Identifiering av unika LOCA-kategorier baserat på
 - rörbrottens storlek (spädmatningsbehov),
 - belägenhet (över eller under härdens överkant), och
 - följdverkningar (dynamiska effekter).

Denna del av kartläggningen har resulterat i att ett stort antal rörbrottskategorier definierats (stora, medelstora och små rörbrott).

- Inbördes viktning av rören m.a.p. brottbenägenhet. Detta görs genom att kartlägga dels antal T-stycken, rörböjar och svetsar, dels rörmaterial. Baserat på kartläggningen tas ett totalt viktal fram för varje LOCA-kategori. Frekvensen för en LOCA-kategori tas fram genom att LOCA-frekvens enligt WASH-1400 fördelas ut i förhållande till varje kategoris viktal. Total LOCA-frekvens för O3 blir därmed densamma som i WASH-1400.

I väntan på resultat från pågående nordiska och internationella analyser av LOCA-mekanismer och -frekvenser, är den använda metodiken acceptabel.

De frågor som uppstår berör nästan genomgående hanteringen av dynamiska effekter efter rörbrott, där intrycket är att gjorda antaganden inte är tillräckligt väl motiverade för att kunna utesluta betydande riskpåverkan från andra (ej beaktade) effekter:

- Typer av effekter
Endast rörslag har beaktats, d.v.s. påverkan från jetstrålar och missiler har ej analyserats.
- Påverkad utrustning
Dynamiska effekter omfattar endast "high energy piping" (undantag 322 för vissa fall). Vilka andra säkerhetssystem påverkas av dynamiska effekter vid LOCA (kylsystem, instrumentering etc.)? Hur kan det klarställas att riskpåverkan i dessa fall kan försummas?
- Dynamiska effekter vid rörbrott utanför inneslutningen
Dessa har ej beaktats, vilket är definitionsmässigt ickekonserverativt.
- Skalventilfunktion vid yttre rörbrott
Egenmediastyrda skalventiler antas ej påverkas av sekundära effekter av yttre brott. Är samtliga skalventiler skyddade från rörslag etc?

Inverkan av samtliga dessa begränsning på slutresultatet bör belysas; om påverkan ej är försumbar krävs utökning av analyserna.

4.2.2 Transienter

Transientfrekvenser har beräknats med en annan metod än den som används i I-boken; metoden har utvecklats vid KTH/Centrum för säkerhetsforskning (ref 2). Orsaken till att en annan metod används är flera:

- I-boksunderlaget innehåller en del felaktigheter
- Indelningen i transientkategorier och CCI i O3 PSA följer ej den som gäller i I-boken
- Frekvensen beräknas med den modifierade metoden endast de senaste driftåren, vilket syftar till att eliminera inverkan från tidiga år med förhöjd frekvens

Resultterande punktskattningar redovisas i tabell 4-1 nedan. Som synes är skillnaden för flertalet transienter liten eller försumbar.

Not: Observera att jämförelsen gäller O3 PSA, revision 1

Tabell 4-1 Transientfrekvenser - Jämförelse mellan I-boken och KTH-modell

Transient	I-boken		Jäm- förel- se	KTH-modell	
	Frekvens (/år)	Antal 88-93		Frekvens (/år)	Antal 88-93 (Antal 88-95)
Tp	1.98	11	=	1.99	13 (15)
Tt	1.12	7	=	1.11	6 (8)
Tf+Ttf	0.11	0	<	0.21	0 (1)
Ts	0.04	0	<<	0.19	1 (1)
Te	0.94	5	>	0.60	3 (4)
Tim	-			0.09	0 (0)
Tii	-			0.09	0 (0)
Summa	4.19	23	=	4.28	23 (29)

Bedömningen är att modellen ger rimliga resultat för transienter med hög och medelhög frekvens, men att den ej bör appliceras på sällsynta transienter.

Modellen beaktar generellt endast de senaste 10 driftåren, vilket medför en hög undre gräns för transientfrekvenser. Frekvensen för sällsynta transienter kommer i praktiken alltid att beräknas som en nollpunktskattning baserad på de senaste åtta driftåren (tio år enligt grundmodellen). För sällsynta händelser blir förfarandet därmed orealistiskt. Eftersom behov saknas av att korrigera för trender i frekvensen, finns det här inget skäl att trunkera data.

Rekommendationen är att för sällsynta transienter inkludera all tillgänglig information. Definitionen av ”sällsynt” skulle exempelvis kunna vara en frekvens på högst en inträffad händelse per tio driftår. För mycket sällsynta händelser bör man även kunna överväga att beakta data från andra stationer.

Exempel

Med KTH-modellens beräkningssätt och $f(t)=(y+Cy)/t$ fås om 8 år respektive all tillgänglig information beaktas:

1. Enligt O3 PSA ($y=0$, $Cy=0.693$, $t=(1988-1995)=7.23$ år, normalår 337 dagar)
 $\implies f(8\text{år})=0.088/\text{år}$
2. Om i stället alla tillgängliga data utnyttjas fås ($t=(1985-1996)=$ cirka 11 år, f.ö samma parametrar)
 $\implies f(11\text{år}) = 0.064/\text{år}$. Utnyttjandet av all tillgänglig information ger här en frekvens som är nästan 30% lägre än den som fås med grundmodellen, och som dessutom är mera trovärdig.

Skillnaden kommer att öka med ökande drifttid (20 år utan inträffad händelse ger t.ex. 0.035/år, d.v.s. 60% lägre än med den i O3 PSA använda metoden). För en anläggning med fler driftår (t.ex. O1 eller O2) kommer konsekvenserna att bli större.

4.2.3 CCI

Analysen av CCI redovisas som en del av kapitel 6, Analys av diversifiering, separation och redundans. Den inkluderar tre delområden

1. Generella CCI:er
 - Obefogade isolersignaler
 - Yttre nätbortfall
 - I-LOCA
 - Förlust av supportsystem
2. CCI i processkontroll
3. CCI i vital elförsörjning

Analysen är generellt lätt att följa; en översiktsskild i form av en beroendematrix över identifierade funktionella beroenden för relevanta CCI:er skulle dock vara användbar.

4.2.3.1 Generella CCI:er

Analysen av generella CCI:er omfattar:

- Obefogade isolersignaler
- Yttre nätbortfall
- I-LOCA
- Förlust av supportsystem

Den kvalitativa presentationen är överskådlig och tillräcklig till omfattning och innehåll.

Kvantifieringen baseras dels på inträffade händelser (obefogade isolersignaler och yttre nätbortfall), dels på ansatta generella frekvenser. Förfarandet i det förra fallet är detsamma som använts för transienter och är väl underbyggt. Detta gäller ej för de generella frekvenserna som är ansatta utan någon motivering eller referens; det är inte uppenbart att frekvenserna är konservativt valda. I ett fall, bortfall av havsvattenkyllning, har en frekvens valts som innebär att man i praktiken försummar händelsen. Vid förlust av supportsystem borde anläggningens känslighet mot bortfallet och tillgänglig tid för reparation påverka frekvensen. 10-12 års drift borde utgöra ett underlag för identifiering och frekvensbedömning av CCI. Mot denna bakgrund bör motiven för

generiskt ansatta data beskrivas bättre. Drifterfarenheter bör vägas in där det går för att få en trovärdigare CCI-analys.

I modellering av Te har bortfall av 130 kV betingat bortfall 400 kV har satts till 0.5. Detta baseras en utvärdering som gjorts inom O2 PSA (OKG rapport 96-09925), där det konstateras att 130 kV har fallit bort vid två av de tre bortfall av 400 kV som inträffat. I rapporten sätts den betingade sannolikheten till 2/3. Det ges ingen motivering till varför denna sannolikhet i O3 PSA sänkts till 0.5.

Frågan har en koppling även till sannolikheten för misslyckad övergång till husturbindrift, som i O3 PSA satts till 0.25. Detta är den lägsta felsannolikhet som ansatts i någon svensk PSA (ligger normalt i intervallet 0.5-1). Riskpåverkan blir avsevärd. En motivering av använda data krävs.

Eftersom båda dessa sannolikheter direkt påverkar frekvensen för nätbortfall på stationen, SBO (station black-out), via sambandet $f(\text{SBO.bas}) = f(\text{Te}) * p(130|400) * p(\text{HT})$, fås följande fall:

1. Frekvens Te enligt O3 PSA

$$f(\text{SBO.bas}) = f(\text{Te}) * 1/2 * 1/4 = f(\text{Te}) * 1/8 = 0.125 * f(\text{Te})$$

2. Frekvens Te med antaganden enligt referens och gängse modellering av husturbindrift

$$f(\text{SBO.bas}) = f(\text{Te}) * 2/3 * 1/2 = f(\text{Te}) * 1/3 = 0.333 * f(\text{Te})$$

Skillnaden i resulterande härdskadefrekvens, som helt beror på ej motiverade avsteg från refererat underlag, blir nästan en faktor 3, vilket har betydande resultatpåverkan.

I analysen av ILOCA har händelser uteslutits om det finns en ventil i låst stängt läge eller två skalventiler i serie som blockerar mot utflöde vid LOCA. Som ett resultat har inga händelser utvalts för analys. Detta är ingen probabilistisk analys: analysen bör baseras på felsannolikheter för dessa ventiler. Antagandet kan ha signifikant påverkan på resultat från framför allt nivå 2 PSA

Frekvensen för förlust av 711/112 är satt till 1E-6/år. Antagandet innebär i praktiken att förlust av havsvattenkylning försummas. Detta är inte rimligt utan närmare motivering. Har känslighetsanalyser genomförts för att undersöka hur en eventuell högre frekvens skulle påverka riksnivån. Frekvensen för den inledande händelsen går rakt igenom studien och blir också lika med härdskadefrekvensen för denna inledande händelse. Det finns alltså inget skydd för händelsen samtidigt som det ej påvisats att risken från händelsen är försumbar, vilket borde föranleda en mindre schablonmässig ansats. Ett fördjupat resonemang kring denna CCI samt en bättre underbyggd frekvens behövs. Redovisningen bör göra troligt att frekvensen är lägre än den ansatta.

4.2.3.2 CCI i processystem

Analysen omfattar dels förlust av processparametrar dels processparametrar som lämnar sitt börvärde. Studerade parametrar är:

- Reaktivitet
- Nivå

- Tryck
- Flöde
- Temperatur
- Klimat

För varje parameter utreds följderna av obefogad/utebliven hög respektive låg indikation. Analysen är systematisk och väl dokumenterad. I samtliga fall visas det att studerade avvikelser antingen inte har någon påverkan eller ingår i annan, redan beaktad inledande händelse.

4.2.3.3 CCI i vital elförsörjning

I revision 1 studeras bortfall av skenor i följande system: 641, 643, 644, 654, 661, 662, 663, 671, 672, 673 och 677. I revision 2 har detta, efter analys av anläggningspåverkan, reducerats till följande system: 641, 644, 645, 672, 673 och 677.

Analysen omfattar CCI p.g.a. bortfall av enstaka skena samtidigt som subavställning pågår i någon av de övriga skenor.

CCI-frekvenser är bättre underbyggda i revision 2 än i revision 1, och för el-CCI görs försök att beräkna bortfallsfrekvenser baserat på T-boken. Detta är positivt, även om intrycket är att förfarandet resulterar i osannolikt höga bortfallsfrekvenser (total CCI-frekvens blir 0.5/år för modellerade elskenor).

En transient med randvillkor enligt Ts/Tp (HS2 och HS3) respektive Tt/Tis (övriga) förutsätts inträffa vid CCI. Det beskrivs ej vad antagandet baseras på.

4.3 Sekvensanalys (händelseträdsanalys)

Händelseträdsanalyserna är dokumenterade dels i ett gemensamt kapitel (kapitel 4.1) som presenterar och summerar förutsättningar för analyserna, blockdiagram för samtliga inledande händelser, systemkrav och händelseträdd. Därefter presenteras varje enskild inledande händelse i ett avsnitt som mera specifikt definierar händelsen och förutsättningar för lyckad sekvens. Dessutom presenteras resultat av kvantifiering för de olika sluttillstånden samt presenteras kort dominerande bidrag till resultaten.

Presentationen är väl strukturerad och avsnittet lätt att granska. Nödvändiga referenser till underlag som återfinns i andra delar av O3 PSA finns.

I kapitlet saknas händelseträdsanalyser för YLOCA, trots att dessa finns med i modellen (och därmed i resultaten). Kapitlet bör kompletteras med dessa analyser.

Det sägs att definitionen av sluttillståndet HS1 (härdskada till följd av utebliven reaktoravställning) är sådan att detta sluttillstånd inte i alla lägen innebär att härdskada erhållits. Detta innebär att även ekonomiska skador behandlas som fullt utvecklade härdsfält. Det finns för reaktoravställningen ytterligare konservatism, bl.a. rörande kreditering av manuell ingrepp och systemkrav för kreditering av borsystemet. Dessa kombinerade konservatism

har stor påverkan på HS1-frekvensen, och kan ha ännu större konsekvenser för resultatet i nivå 2 PSA.

I studien görs endast försiktiga krediteringar av recoveries. Detta har traditionellt setts som en berättigad konservatism, men borde diskuteras kvalitativt.

4.4 Systemanalys

Systemanalyserna är väl dokumenterade både m.a.p. sin funktion, sina beroenden och sin växelverkan med andra system. Dessutom har förutsättningar för felträdsmodelleringen presenterats på ett klart sätt. FMEA:n är ett användbart nytillskott. I händelsetråd och felträd används hushändelser i stor utsträckning, men har normalt ingen beskrivande text. Detta gör analysen svår att följa för utomstående.

Detaljeringsnivån i utvecklade systemmodeller är mycket hög, vilket i grunden är positivt, eftersom det möjliggör en korrekt och realistisk modellering av funktionella beroenden och rumsberoenden mellan system och komponenter. Detaljeringsnivån har dock blivit så hög att vissa delmål med studien äventyras. Således har man haft problem med detaljgranskning av systemanalyser och med att i existerande programvara (Risk Spectrum) hantera och kvantifiera modellen. Det senare problemet kommer troligen att minska med en Windows-version av programmet. Ett annat mera svårbemästrat problem, är att modellerna kräver mycket långa kvantifieringstider, vilket försvårar en iterativ och flexibel användning av PSA:n. Användning inom LPSA (living PSA) kan komma att försvåras och till en del omöjliggöras.

Omfattningen av granskningen av systemanalyserna framgår inte klart ur studien, men verkar inskränka sig till en granskning av system-FMEA och på en mera intuitiv rimlighetskontroll av framräknade resultat, vilket kan vara otillräckligt.

Inga resultat från utvärdering av systemens felträdsmodeller presenteras. Detta borde ingå i PSA:n

En fråga rörande momentanriskmodell gäller modelleringen av testeffektivitet för komponenter som inte testas fullt ut i t.ex. periodiska prov eller prov inför uppstart. Om effektiviteten är $< 100\%$ kan detta få stora följder resultatmässigt; detta borde diskuteras i anslutning till modellen.

Grindars beteckningssystem verkar vara i behov av uppdatering. I dagsläget används bl.a. CCI i bashändelsenamn, eftersom detta är en ny typ av bashändelsenamn som det ännu inte finns någon överenskommen namngivningsstandard för. RELCON-rapporten angående bashändelsebeteckningar bör kanske ses över framöver. Kommentaren är ej specifik för O3 PSA. En genomgång har börjats inom RSW (Risk Spectrum för Windows) användargrupp.

4.5 Modellering av beroenden

Analysen av beroenden av CCF-typ, är vad gäller omfattning och metodval i nivå med aktuell status inom området i Sverige. För högredundanta CCF (d.v.s. grupper omfattande fler än fyra komponenter) används genomgående HIDEP-modellen, vilket bedöms ge numeriskt rimliga felfrekvenser, men framför allt medfört en konsekvent och spårbar modellering av dessa komplexa beroenden.

4.5.1 Funktionella beroenden

Uppläggning och presentation är överskådliga och informationen är lätt att använda och förstå.

Vid en jämförelse med motsvarande information i systemanalyserna finner man dock ett ganska stort antal diskrepanser, vilket väcker frågan om vilka beroenden som verkligen modellerats, och om orsakerna till att vissa beroenden uteslutits i modellen (se kommentar MK-043).

Det vore också värdefullt att få informationen presenterad på ett samlat sätt i en sammanfattande beroendematrix.

4.5.2 Modellering av lågredundanta CCF

Lågredundanta CCF modelleras med alfafaktormetoden. Samma faktorer används för tidsberoende och för tidsberoende CCF.

I tabell 4-2 nedan beskrivs parametrarna som använts och de källor de baserats på. För att underlätta en rimlighetsbedömning av parametrarna har de räknats om till parametrar i MGL-modellen (multiple greek letter method).

Tabell 4-2 Översikt över CCF-modell i O3 PSA

Komponenttyp	β	γ	δ	Källa
Motorventil	8.64E-02	0.38	0.57	Super-ASAR
Pneumatisk ventil	1.88E-01	0.36	0.57	TVO+Mankamo
Backventil	1.04E-01	0.25	0.57	TVO+Mankamo
Säkerhetsventil	1.04E-01	0.25	0.57	TVO+Mankamo
Dieselgenerator	3.24E-02	0.33	0.73	Super-ASAR
Kolvpump	4.86E-02	0.28	0.57	Super-ASAR
Centrifugalpump	2.85E-02	0.24	0.57	Super-ASAR
Övriga mekaniska komponenter (och vakter)	7.11E-02	0.24	0.67	F3
Omformare	9.98E-02	0.40	0.57	TVO (b) +F1/2 (g/d)
Batteri	2.01E-01	0.40	0.61	TVO (b) +F1/2 (g/d)
Brytare	1.88E-02	0.37	0.57	TVO+Mankamo

Baserat på tabellen kan det konstateras att gamma- och delfaktorer generellt verkar vara rimligt valda. Möjligen är de i vissa fall något åt det låga hållet, vilket delvis beror på att alfafaktorer ges med en gällande siffra (normalt anges 0.001 eller 0.002 för α_3 och α_4). Även betafaktorn för CCF mellan dieslar verkar vara lågt vald.

Referenserna är oprecisa ("Mankamos snurra" etc.) och behöver preciseras. Dessutom visar de på otillräcklig användning av O3:s drifterfarenheter. Super-ASAR pågick i slutet av 80-talet och inkluderar troligen inte några drifterfarenheter alls för F3 eller O3. En uppdatering m.a.p. aktuella drifterfarenheter borde göras.

I ett antal fall har det visat sig att CCF felaktigt modellerats mellan seriekopplade komponenter (t.ex. skalventiler).

Samma CCF-parametrar används för tidsberoende och tidoberoende fel. Med tanke på att feltyperna i de båda fallen beror på olika felmekanismer är detta inte självklart, utan kräver någon form av diskussion.

4.5.3 Modellering av högredundanta CCF

Högredundanta CCF modelleras inom komponentgrupper med fler än fyra likadana komponenter. Modelleringen berör komponenter i avställnings- och tryckavsäkringsystem (314, 532, 354 etc.) och baseras på HIDEP-metoden. Granskningen av analysen har koncentrerats till tre aspekter på modellen:

- Basen för använda systemkrav
- Kvantifiering i HIDEP
- Överföring av systemkrav och resultat från HIDEP-analysen till felträdsformat

Systemkrav för avställningssystem har kommenterats på annan plats i denna rapport, men verkar sammanfattningsvis vara mycket konservativt valda. Som ett resultat kommer sluttillståndet HS1, härdskada till följd av utebliven reaktoravställning, att inkludera även små lokala bränsleskador. Utebliven reaktoravställning antas i grunden föreligga efter fel i fler än två intilliggande stavar (snabbstoppsgrupper etc.). I intervallet två till fem stavar antas borsystemet kunna användas för att kontrollera reaktiviteten. Borsystemet antas dock inte kopplas in förrän efter en timme; under mellantiden krävs balansering av resteffekten. Sammantaget har detta medfört en komplicerad modellering av avställningsfunktionen, med liten kredit för borsystemet (cirka 10%). En mera realistisk modellering bör eftersträvas.

Kvantifieringen i HIDEP har ej granskats. En viktig fråga som kommit upp är dock hur känsliga resultaten för denna kvantifiering är för val av olika parametrar i programmet. Programmet utför en komplex beräkning baserat på en modell som kräver indata i form av både en systemspecificering och ett antal program- och modellspecifika parametrar. Det går inte ur studien att utläsa hur känsliga resultaten är för variation i dessa parametrar. Mot denna bakgrund bör CCF-analysen kompletteras med en känslighetsanalys. En sådan har redovisats inom ramen för O1 PSA; om resultaten bedöms som representativa även för O3, bör en hänvisning göras.

Felträdsmodellen för avställningsfunktionen är komplicerad och skulle behöva kompletteras med ytterligare förklaringar.

Slutligen kan konstateras att det inte är helt lätt att använda dokumentationen. Förståelsen skulle underlättas om huvudtexten kompletterades med en

summerande sammanställning över de data som analysen resulterat i och som använts i O3 PSA; dessa finns f.n. utspridda i ett ganska stort antal tabeller och diagram.

4.6 Modellering av mänsklig växelverkan

4.6.1 Summering av OKG:s angreppssätt

Förståelsen av grunderna för den kvalitativa analysen av mänskligt felhandlande och av de principer som styr hur den kvalitativa informationen tolkas och överförs till den kvantitativa modellen är av central betydelse inom PSA. Viktiga faktorer är bl.a.:

- Identifiering av potentiellt viktiga manuella ingrepp
- Urval av relevanta manuella ingrepp
- Genererandet av en god kvalitativ beskrivning av relevanta ingrepp
- Metod för uppskattning av grundfelsannolikheten för ingreppet (HEP, human error probability)
- Identifiering och värdering av faktorer som påverkar grundfelsannolikheten (PSF, performance shaping factors)
- Procedur för att baserat på den kvalitativa analysen grundfelssannolikheten och påverkansfaktorer komma fram till en slutlig skattning av felsannolikheten, inkluderande ett osäkerhetsintervall.

I samband med genomförandet av O1 PSA utarbetades av Relcon och OKG en metodik för analys av mänskligt felhandlande. I samband med SKI:s granskning av O1 PSA skedde en specialgranskning av denna metodik (ref 8), vilket gav upphov till ett antal specifika frågor och påpekanden. Dessa är delvis beaktade i O3 PSA, i och med att en modifierad metodik tillämpats. Den reviderade metodiken har inför O3 PSA dokumenterats i en rapport (ref 3), och består av följande steg:

- Kartläggning av manuella ingrepp
- Identifiering av manuella ingrepp som ger stora bidrag till den totala härdska defrekvensen
- Kvalitativ beskrivning av ingrepp
- Logisk struktur på manuella ingrepp
- Beskrivning av hur manuella ingrepp är implementerade i PSA-analysen
- Data och kvantifiering
- Dokumentation

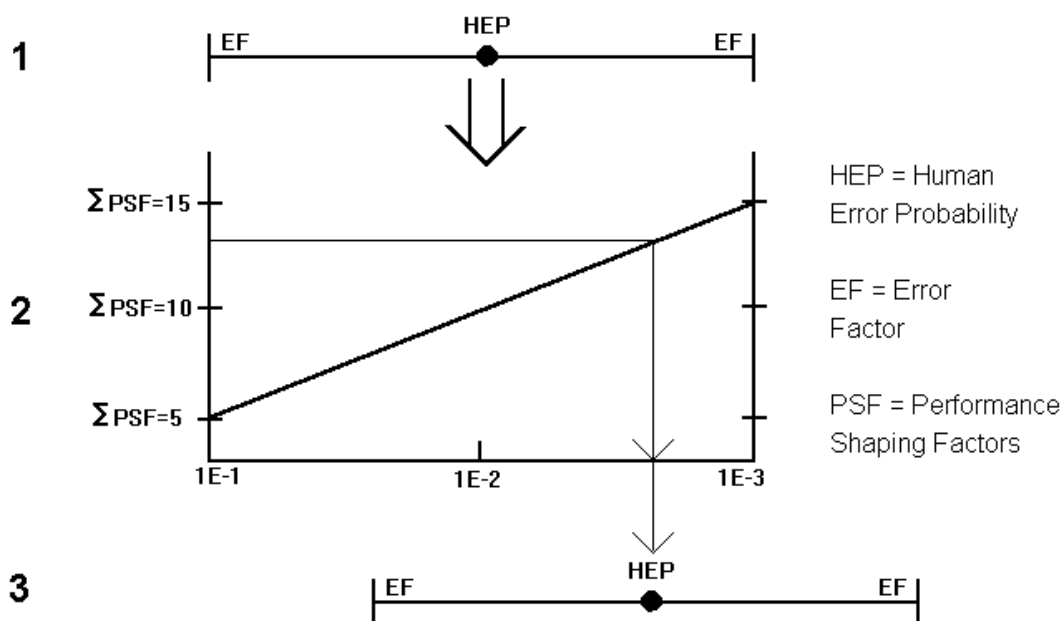
Ändringar relativt metodiken i O1 PSA baseras delvis på SKI:s granskningskommentarer och listas i inledningen till (ref 3):

- manuella ingrepp har delats upp i fler delmoment
- sannolikhetsintervallet för ”Recovery” har ökat från $1 \Rightarrow 0.1$ till $1 \Rightarrow 0.01$
- viktfaktorernas inverkan har förtydligats
- beräkning av osäkerhetsfördelningen har ändrats
- formler för sannolikhetsberäkningar redovisas tydligt

Figurerna 4-1 och 4-2 är ett försök att förstå och beskriva OKG:s analysmetodik. Figur 4-1 beskriver hur sannolikheten för felaktigt manuellt

ingrepp beräknas i PSA O3. Beräkningen sker i tre steg (svarande mot siffrorna 1-2-3 i figuren):

1. En grundfelsannolikhet, HEP (human error probability) ansätts tillsammans med en felfaktor EF (error factor) som generellt antas vara 10.
2. Det 90%-iga konfidensintervall som ges av HEP och EF används som möjligt intervall för det manuella ingreppet. Baserat på en bedömning av olika påverkansfaktorer, PSF (performance shaping factors) bestäms var i intervallet sannolikheten ligger. Exempel på PSF är stressnivå, träning och information. Figur 4-2 visar hur total PSF beräknas för ett ingrepp.
3. Den via PSF bestämda felsannolikheten blir nytt väntevärde för det manuella ingreppet och ges återigen felfaktorn 10. Detta värde används sedan i PSA:n.



Figur 4-1 Beräkning av sannolikheten för felaktigt manuellt ingrepp i PSA O3

4.6.2 Kommentarer till analysen av mänsklig växelverkan i O3 PSA

Den totala omfattningen av analysen av manuella ingrepp i O3 PSA framstår som begränsad. Schabloner verkar ha utnyttjats i stor utsträckning, och mängden redovisad anläggningsspecifik information är liten. Generellt verkar analysen ha en lägre ambitionsnivå än motsvarande analys i O1 PSA; detta indikeras av att detaljningsnivån i presentationen är mindre och att avsevärt färre ingrepp detaljmodellerats. Orsakerna till den lägre ambitionsnivån framgår ej ur studien.

Avsnittet nämner ingenting om vilka mål som finns med HRA-analysen. Det intryck som förmedlas, är att ambitionsnivån vad gäller användning av HRA-analysen och dess resultat är alltför begränsad. Exempelvis borde det ses som viktigt att analysens resultat stäms av mot ÖSI. En betydligt mera omfattande kvalitativ resultatshantering bör göras inom PSA:n

Analysen av mänsklig växelverkan verkar primärt ha utvecklats med tanke på behoven i nivå1-analysen av inre händelser. Intrycket är därmed att analysen gäller endast för grundstudien och ej för brand- och översvämningsanalyserna och för nivå 2 PSA. Detta är ej rimligt i en integrerad PSA-analys.

Bland studiens förutsättningar ingår att 30 minuter förutsätts finnas tillgängliga innan manuella ingrepp krävs; för start av borin pumpning har denna tid utsträckts till en timme. Detta är inte ett realistiskt antagande i en PSA. Antagandet kan ha en sådan resultatpåverkan att det inte kan uteslutas att det påverkar prioriteringar m.a.p. säkerhetshöjande åtgärder.

Vad gäller omfattningen av analysen så framstår den, som påpekats ovan, som begränsad. Totalt har 28 manuella ingrepp valts ut för analys; grunderna för detta urval redovisas dock ej. I 25 av dessa 28 fall görs förenklade analyser av ingreppet, vilket måste tolkas som att ingreppen ses som mindre viktiga ur risksynpunkt. På vilka grunder dessa förenklade analyser görs redovisas dock ej. Ingenstans i O3 PSA visas det att dessa ingrepp verkligen har låg signifikans ur risksynpunkt. Det finns här även brister i motiveringen för ansatta värden. I de fall sannolikhetsvärden lägre än 1 ansätts, måste rimligen någon motivering för ansatta värden anges (bland de 25 ingreppen finns ett antal fall där felsannolikhet 0.2 och 0.04 ansatts). En annan viktig aspekt på analysen är att vissa av fallen har koppling till nivå 2-analysen; för dessa bör viktigheten i nivå 2 vara avgörande för detaljeringsgraden i analysen.

Av totalt 28 behandlade manuella ingrepp analyseras således endast tre ingrepp i detalj:

- Inkoppling av borsystemet efter fel i ordinarie avställningssystem
- Inkoppling av turbinkondensator för dumpning av ånga
- Nivåhållning i 316 med "feed&bleed"

Varför just dessa åtgärder valts ut för detaljerad analys framgår ej av analysen. Riskviktigheten verkar ej ha varit styrande. Således framgår av känslighetsanalysen att borsystemet endast påverkar HS1-frekvensen med 10%. För det tredje fallet kan det noteras att ingreppet ej är krediterat p.g.a. att det är omöjligt att erhålla de vattenmängder som krävs för att hålla temperaturen i 316. Detta är ett viktigt kvalitativt resultat som bör återverka på ÖSI.

Beroenden mellan manuella ingrepp berörs mycket knapphändigt i O3 PSA. Det framgår inte vad som gjorts för att identifiera och värdera inverkan från beroenden mellan manuella ingrepp. En sådan värdering bör vara en självklar del av en analys av mänsklig växelverkan.

Vad gäller frekvensen för felaktig basläggning av ventiler, baseras den på schabloner. Den gjorda ansättningen av feldata upplevs som mycket förenklad, och saknar underbyggnad i PSA O3. Beroenden m.a.p. felaktig basläggning av ventiler försummas, d.v.s CCF för felaktig basläggning av ventiler modelleras ej. Detta är ett uppenbart icke-konservativt randvillkor; denna typ av fel kan vara speciellt viktig i en flerstråkig anläggning utan diversifiering. Det kan därför inte

uteslutas att förfarandet för vissa system kan ha resulterat i en kraftig underskattning av systemotillgängligheten.

Not: I minst ett fall, efter CCI-661WX1 _____ HS2, har multipla felaktiga basläggningar av ventiler i redundanta stråk påträffats i samma cutset.

4.6.3 Kommentarer till modellen för analys av mänsklig växelverkan

Kommentarerna berör ej valet av modell i sig, eller grunden för val av metod för ansättning av sannolikheter (i första hand THERP). Inom dessa områden är det f.n. mycket som kan upplevas som en fråga om tycke och smak, och använd metodik bedöms till sin grundstruktur motsvara aktuell status inom området. I granskningen har i stället tyngdpunkten lagts på att värdera den valda metodikens konsistens, d.v.s.

- basen för valet av element i modellen
- de valda elementens integration och inbördes växelverkan
- kopplingen till den kvalitativa analysen och beskrivningen av ingreppen
- konsekvensen i behandlingen av exempelvis viktning, recovery och val av påverkansfaktorer
- övergången från kvalitativ analys till numerisk skattning av felfrekvens och osäkerhetsintervall
- resulterande förutsättningar för jämförbarhet för analyserade manuella ingrepp

Även efter modifiering av modellen, kvarstår många av de påpekanden som framförs i Erik Hollnagels granskning av HRA-modellen i O1 PSA (ref 8). Det följande är några exempel:

- De teoretiska grunderna för urvalet av PSF samt viktningen av dessa har ej angivits. I studien sägs att faktorerna poängsatts i samråd med CKR-personal, vilket ej är tillräcklig motivering. Det finns inget objektivt stöd för urval och poängsättning av PSF.
- De olika PSF är inte inbördes oberoende som antagits i modellen, vilket innebär att en enkel summering kan få svårkontrollerade effekter. Metoden beskriver ej hur de olika PSF kan vara relaterade.
- Kategorin "Psykologisk stress" har fått en oklar definition
- Kategorin "Uppgiftens komplexitet" kan ha betydelse även för diagnos, d.v.s. i samband med tolkning av komplex information

I det följande ges ytterligare ett antal kommentarer av principiell natur.

Beaktandet av tillgänglig tid har i praktiken utgått ur analysen genom att man alltid använder intervallet 0.01-0.0001 för mänskligt felhandlande. Tillgänglig tid sägs visserligen ligga till grund för val av felsannolikheten för momentet observation och diagnos, men beaktas ej explicit i modellen. Eftersom den tillgängliga tiden har en stark påverkan på felsannolikheten, upplevs bristen på en explicit koppling som en svaghet.

I figur 4-1 visades förfarandet vid beräkning av felsannolikheten för ett manuellt ingrepp (HEP). Proceduren är ej invändningsfri. Felfaktorn (EF) antas ge det intervall inom vilket felsannolikheten skall sökas; intervallet har därmed standardiserats till två dekader. Därefter utnyttjas påverkansfaktorer (PFS) till

att bestämma var i detta intervall felsannolikheten ligger. Efter att m.h.a. PSF ha tagit fram en ny HEP, antas detta vara nytt medianvärde och förses med samma EF som det ursprungliga medianvärdet. Förfarandet är i grunden diskutabelt, eftersom ursprunglig HEP+EF uttrycker ett osäkerhetsintervall, d.v.s. en osäkerhet om sannolikheten för ett mänskligt felhandlande, där medianvärdet är väntevärdet.

Beslut ingår i metoden, men utgår om den instruktion som används för diagnos (t.ex. ÖSI) inkluderar beslutet. Förfarandet ifrågasätts generellt; att definitionsmässigt anta att beslut utförs korrekt därför att det finns med i en instruktion verkar inte rimligt. Även med instruktion, måste ju beslutet att följa instruktionen fattas. (Vad är det i så fall som hindrar att tillämpa samma resonemang på observation och diagnos, eftersom även dessa kan antas följa direkt ur användningen av ÖSI). Det är dessutom i högsta grad diskutabelt huruvida man verkligen kan utelämna värdering av en del av modellen för vissa ingrepp (och inte för andra) och ändå uppnå jämförbarhet.

Metodens behandling av recovery kräver även en generell kommentar. Recovery beaktas för beslut. Modellen har modifierats på denna punkt - tidigare fanns recovery beaktat endast för åtgärder. Modellen framstår dock fortfarande som inkonsekvent på flera punkter, både i grundmodell och i dess applicering på O3 PSA. Det är inte klart på vilka grunder just beslutet valts ut. Varför finns ingen recovery för observation och diagnos? Med O3-antagandet att korrekt beslut följer definitionsmässigt ur korrekt diagnos finns alltså ingen recovery för dessa tre steg. Angreppssättet resulterar dessutom i inkonsekvens i vikt hos de tre stegen, i och med att sannolikhetsintervallet blir två dekader större för beslut än för observation/diagnos. Detta innebär i praktiken att beslut viktas ned i förhållande till observation och diagnos (och omvänt).

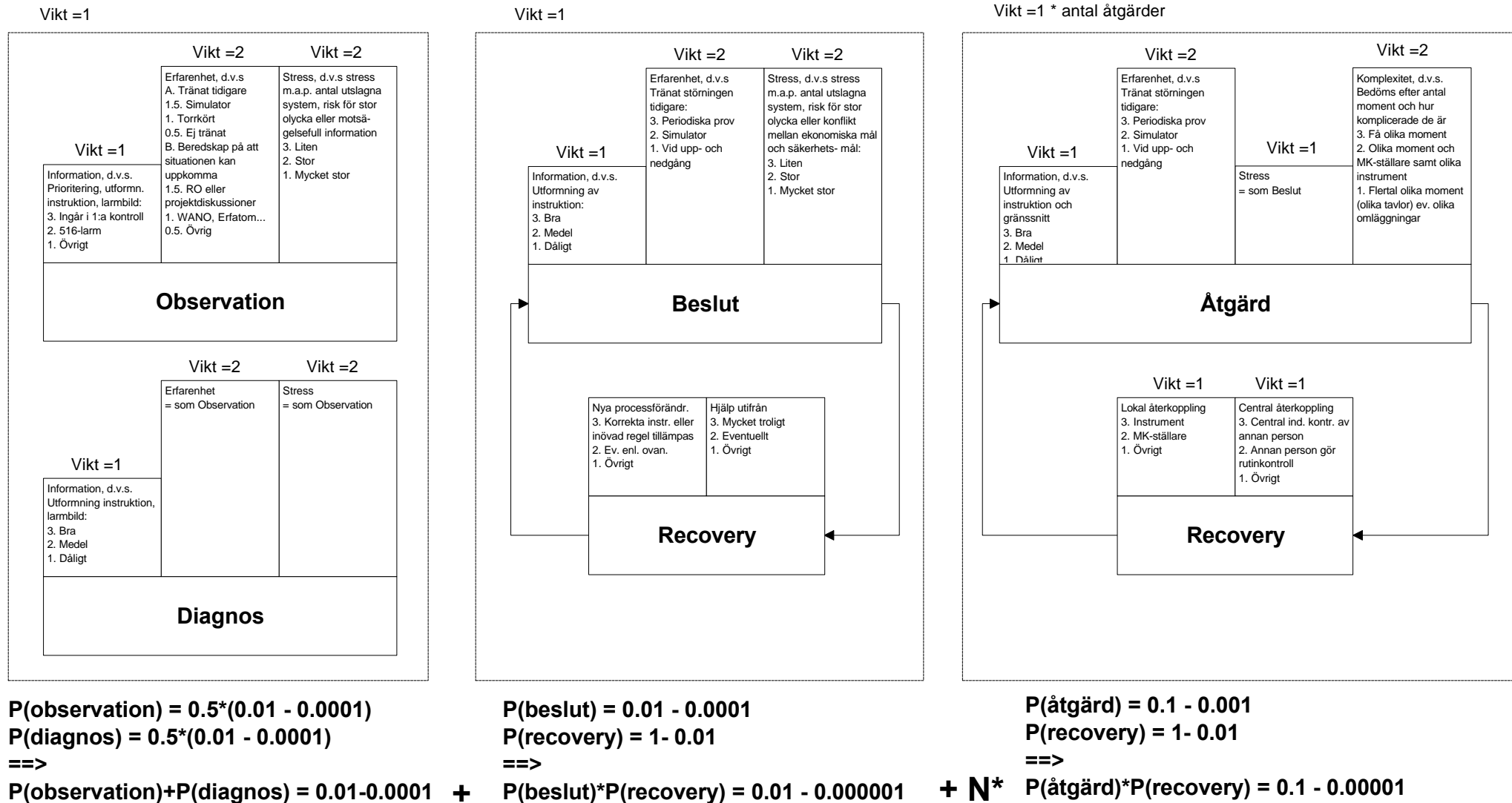
Mot bakgrund av de inkonsekvenser som hanteringen av recovery resulterar i, kunde det diskuteras om recovery-faktorn verkligen skall *multiplieras* med grundfelsannolikheten. Ett alternativ skulle kunna vara att i varje steg (observation, diagnos, beslut, åtgärd) behandla recovery som en PSF som skall adderas till övriga.

Viktning används uttalat och outtalat i flera steg. Den slutliga felsannolikheten påverkas på ett påtagligt sätt av viktningar som görs under beräkningsprocessen. Dessa viktningar sker i flera steg, och är i flera fall inte explicit beskrivna. Följande typer av viktningar har identifierats:

1. Inom varje steg (observation - diagnos- beslut - åtgärd) viktas påverkansfaktorerna (viktfaktor 1 eller 2 används)
2. I och med att observation och diagnos summeras, ges de indirekt vikten $\frac{1}{2}$. I modellen förekommer således dubbla viktningar, genom att information och diagnos får halv vikt i förhållande till beslut och åtgärd
3. Recovery beaktas för beslut, men inte för observation/diagnos, vilket i praktiken innebär en nedviktning av beslut i förhållande till observation/diagnos

4. Beslut ingår i metoden, men utgår om den instruktion som används för diagnos (t.ex. ÖSI) inkluderar beslutet. Detta är liktydigt med att vikt faktorn "0" appliceras på momentet beslut.
5. Summeringen av de element i den totala felsannolikheten ges av $HEP = P(\text{observation/diagnos}) + P(\text{beslut}) * P(\text{recovery/beslut}) + N * P(\text{åtgärd}) * P(\text{recovery/åtgärd})$ vilket innebär ytterligare en viktning

Endast viktningarna 1 och 4 framgår klart ur modellen, men är inte tillräckligt beskrivna och motiverade. Fördjupad beskrivning och motivering krävs. Modellen innehåller dessutom vissa inkonsekvenser som behöver arbetas bort.



Figur 4-2 Översikt över HRA-metodiken i PSA O3

4.7 Data

Analysen av data omfattar fyra avsnitt, appendix E.1-4.

- E1 Bashändelser
- E2 Transienter och obefogade isoleringar
- E3 Inre rörbrott
- E4 Test och underhåll

Vissa data, t.ex. CCI-frekvenser och parametrar till CCF-modeller presenteras i kapitel 6.

Granskningskommentarer på data som rör frekvensen för inledande händelser redovisas ej här, utan i anslutning till avsnittet om inledande händelser.

4.7.1 Bashändelser

I dataanalysen utnyttjas för komponenter i första hand grunddata från T-boken, vilket är i linje med praxis. För komponenter som inte omfattas av T-boken används i en del fall föråldrade referenser vars applicerbarhet kan ifrågasättas (gäller exempelvis referensen F-79, d.v.s. Forsmarks 3 tillgänglighetsanalys från 1979).

Generellt bedöms anläggningsspecifik information ha använts i alltför liten utsträckning. Således har ingen RO-genomgång gjorts inom PSA:n och systemspecifika drifterfarenheter redovisas i systemanalyserna men verkar inte användas.

Endast i RO analyseras inträffade avvikelser från konstruerad säkerhetsnivå. Eftersom det är den konstruerade säkerhetsnivån som modelleras i PSA:n, kan genomgången bl.a. ge viktiga uppslag till känslighetsanalyser.

Allmänt baseras systemanalyser i hög grad på formellt underlag, d.v.s. på kretsscheman etc. En summering av drifterfarenheter för systemen redovisas i systemanalyserna; behov finns av en mera uttömmande bedömning av inträffade händelsers betydelse för studien. Summeringen har i alltför ringa utsträckning utnyttjats, och verkar inte ha påverkat modelleringen.

4.7.2 Test och underhåll

I analysen har både planerad och oplanerad otillgänglighet beaktats. Gjorda antaganden är väl dokumenterade i texten och samtliga använda data redovisas samlat i överskådliga tabeller.

Den planerade otillgängligheten i form av subavställningar har modellerats som maximal tillåten tid enligt STF (60 dagar) uppdelad på de fyra subarna (15 dagar per sub). Subavställningar har mycket stor riskpåverkan. Av detta skäl bör en mera realistisk modellering ske, som dels beaktas faktisk använd tid, dels uppläggnings av subavställningarna. I princip bör faktiska hagar/paraplyer modelleras; detta har även konstaterats i studien, appendix F1. Information om faktisk tid bör vara lätt att få fram baserat på O3:s erfarenhetsåterföring. Viktigare ändå är att korrekt modellera vilka

komponenter och system som är otillgängliga samtidigt. Med den modellering som gjorts antas t.ex. att dieseln i en sub är otillgänglig under hela subavställningen, vilket torde vara starkt konservativt.

Oplanerad otillgänglighet till följd av fel i driftsatta system eller fel som upptäcks vid periodisk provning av standby-system modelleras enligt följande:

- Felfrekvens enligt T-boken multipliceras med 2 för att inkludera även icke funktionshindrande fel som medför funktionshindrande reparation.
- Felfrekvensen beräknas som summan av ett tidsberoende och ett tidsberoende bidrag.
- I felfrekvensen inkluderas för pumpar och diesel både startfelfrekvens och obefogade stopp under testtiden
- Medelreparationstiden sätts till maximal tillåten tid enligt STF, normalt innebär detta en tid i intervallet 24 - 720 timmar.

Antagna reparationstider torde i flertalet fall vara starkt konservativt. En bedömning av konservatismens riskpåverkan bör göras; om påverkan ej är försumbar måste en korrektare uppskattning baserad på faktiska reparationstider göras.

4.8 Kvantifiering och resultatpresentation

Även den kvalitativa användningen av resultaten borde identifieras och beskrivas. Således bör den målsättningen kompletteras med punkten "Identifiering av svaga punkter, tekniska såväl som administrativa".

Ett antal approximationer gäller vid kvantifiering av felträd. Delvis beror de på problem med Risk Spectrums beräkningskapacitet för O3 PSA:s stora felträdsmodeller. Vid kvantifiering av studien gäller följande konservativa och icke-konservativa approximationer:

1. Höga trunkeringsnivåer (minimal cut-off) har i vissa fall fått väljas. Detta ger dels sämre upplösning i resulterande lista över minimala cutsets, dels ett trunkeringsfel.
==> Underskattning av absolutnivån
2. ordningens approximationer används generellt. Detta ger en överskattning av totalfrekvensen. Storleken på felet är svår att bedöma; felet kan dock vara stort om cutsets innehåller många gemensamma bashändelser.
==> Överskattning av absolutnivån
3. Otillåtna cutsets ingår i resultaten, eftersom Risk Spectrums begränsningar inte tillåter att dessa blockeras med NOT-villkor.
==> Överskattning av absolutnivån

Det är svårt att bedöma om dessa felkällor sammataget ger en över- eller underskattning av frekvensen.

Det bör klarställas vilka av problemen som kan lösas med den nya Risk Spectrum-versionen. För övriga feltyper bör en överslagsmässig bedömning göras som visar dels i vilka typer av sekvenser som problemet (felet) blir störst, dels hur stort felet som värst kan antas bli.

Det finns i modellering och resultatpresentation en utpräglad fokusering på inledande händelser. Resultat bör dock presenteras även som listor över

dominerande bashändelser för olika härdskadekategorier. Detta bör även ingå i resultatanalysen och utgöra en utgångspunkt för känslighetsanalyser.

4.9 Känslighets- och osäkerhetsanalys

Följande känslighetsanalyser har genomförts och redovisats i O3 PSA nivå 1, revision 2.

Känslighetsanalys	HS2	HS3
1. CCF-modellering (utan CCF-grupper)	0.38	0.78
2. Subavställning (utan subavställning)	0.83	0.59
3. Manuella ingrepp (alla modellerade ingrepp uteblir)	-	+1.5
4. Manuella ingrepp (alla modellerade ingrepp lyckas)	-	0.91
5. H-rumskylning (utan behov av H-rumskylning)	+3	+1.4
6. Yttre nät (sannolikhet för nätbortfall vid transient ökas från 0.01 till 0.1)	+2.4	+1.8
7. RAMA-system (utan kreditering)	-	+1.8
8. Systemkrav 322 (beräkning med 2-av-4-krav)	-	+42

Omfattningen av känslighetsanalysen är otillräcklig. Systematiken för urval av fall för analys redovisas ej, vilket innebär att urvalet gör ett slumpmässigt intryck (även om samtliga fall är relevanta).

Studien borde presentera viktighetsmått för inledande händelser och bashändelser per sluttillstånd och på totalnivå (för totalresultatet).

Generellt gäller för känslighetsanalysen, liksom för resultatpresentationen i stort, att en stark fokusering skett till inledande händelser, medan analysen av bashändelser fått en alltför begränsad omfattning. Även kritiska bashändelser bör identifieras och väljas ut för analys.

Studien presenterar inledningsvis ett antal randvillkor och begränsningar. Det finns vid varje användning av studien ett behov av att värdera potentiell inverkan från dessa. En sådan värdering bör ingå i studien, bl.a. med referens till relevant bakgrundsmaterial, och utgör också en självklar utgångspunkt för val av fall för känslighetsanalys.

En mera systematisk användning av resultaten från känslighetsanalysen måste eftersträvas. Känslighetsanalysen ger ett intryck av att alltför mycket leva sitt eget liv. Således har den inte tagits omhand i OKG:s resultatanalys. Resultat från känslighetsanalysen redovisas, men kommenteras inte tillräckligt.

Även om studien inte innehåller en färdig osäkerhetsanalys, bör en bedömning göras av:

1. Kritiska osäkerheter (kritisk = med stor faktisk eller potentiell resultatpåverkan)
2. Är det möjligt att ur studien och dess resultat läsa ut detta?
3. Vilka åtgärder föranleder identifierade kritiska osäkerheter?
4. OA bör utföras när RSW levereras.

4.10 Yttre händelser samt analys av brand och översvämning

Analysen av yttre händelser inkluderar två principiellt olika grupper som hanterats separat:

- Rumshändelser, d.v.s. brand och översvämning inom anläggningen
- Övriga yttre händelser

För den förra gruppen verkar ambitionen ha varit att inkludera dem i O3 PSA, medan övriga yttre händelser studerats kvalitativt.

4.10.1 Brand- och översvänningsanalys

Analysen av rumshändelser presenteras som en del av analysen av beroenden, men är i praktiken helt fristående. Rubriceringen av analyserna, ”Brand” respektive ”Översvämning” är delvis missvisande med tanke på de starkt förenklade analyser som presenteras. Den redovisade analysen är i allt väsentligt en generell barriäranalys m.a.p. rumsberoenden i anläggningen. Eftersom resulterande riskbidrag med den valda metoden är stora, bedöms förenklingen ha drivits för långt, alternativt analysen ej vara avslutad. Det finns med dagens modellering och resultat uppenbara problem både vad gäller jämförelse med säkerhetsmål och riskbidrag från inre händelser och vid prioritering av säkerhetshöjande åtgärder.

Analyserna av brand och översvämning är till skillnad från inre händelser i stor utsträckning baserade på de starkt förenklade randvillkor. Detta gäller i hög grad även resultatanalysen, d.v.s. osäkerhetsanalys, känslighetsanalyser, resultatolkning och slutsatser. Sammantaget resulterar detta i att studierna gör ett ojämnt intryck. I ett längre perspektiv måste en samordning ske. I korttids-perspektivet måste det klargöras hur resultaten från dessa studier skall kunna vägas samman med resultaten för inre händelser på ett korrekt sätt.

En viktig bakgrund till denna kommentar är att O3 PSA:s numeriska resultat enligt Sydkrafts säkerhetspolicy skall värderas bl.a. mot en uppsättning numeriska acceptanskriterier, varav de viktigaste är 1E-5/år härdskada och 1E-7/år stora utsläpp (>0.1% av härdsinventariet, exklusive ädelgaser). Det är bl.a. mot denna bakgrund som resultatet från analysen av rumshändelser skall ses och det är mot denna bakgrund som eventuella screeninganalyser bör utformas. Om resultatet av en konservativ screeninganalys visar ett resultat som är försumbart i förhållande till acceptanskriterierna, kan det valda angreppssättet ses som definitionsmässigt acceptabelt. Om ej, så måste en förfinad analys göras av riskdrivande utrymmen.

En fråga som på grund av den oavslutade analysen inte besvaras är om den konservativa ansatsen är befogad för O3 (till skillnad från O1), d.v.s. om det

med denna ansats kan visas att bidraget är försumbart, eller i alla fall väsentligt mindre än från inre händelser.

Någon koordinering av förutsättningar och begränsningar mellan de analyser som ingår i O3 PSA har ej gjorts, d.v.s. randvillkor från grundstudien används i stort sett oförändrade i brand- och översvänningsanalyserna. Detta komplicerar ytterligare tolkningen av resultaten från dessa studier. Exempelvis antas analysen av mänsklig växelverkan för inre händelser vara direkt applicerbar för rumshändelser. Detta antagande kan vara acceptabelt vid screening, men inte screeninganalysen resulterar i betydande riskbidrag.

En kvalitativ värdering bör göras av applicerbarheten på yttre händelser av de randvillkor som gäller i analysen inre händelser. Detta kan gälla exempelvis felmekanismer och felfrekvenser för komponenter, yttre händelsers påverkan på modellerade manuella ingrepp, etc. I den befintliga modellens numeriska resultat döljs detta troligen nästan helt av den mycket konservativa modelleringen av komponentpåverkan. I en mera realistisk modell måste en anpassning av randvillkoren för analysen ske.

4.10.2 Övriga yttre händelser

En PSA har bl a syftet att visa att anläggningen kan motstå alla tänkbara händelser utom de med mycket låg frekvens. Det är mot den bakgrunden positivt att OKG redovisar en genomgång (urvalsanalys) av dessa händelser. Motsvarande redogörelse har inte funnits med i tidigare PSA studier.

5 Granskningskommentarer till O3 PSA nivå 2

5.1 Projektrelaterade frågor

5.1.1 Förutsättningar för analysen

Trots att det inte finns några uttalade inskränkningar i O3 PSA nivå 2, så finns en avsevärd skillnad i ambitionsnivå i jämförelse med nivå 1 PSA. Detta gäller både analysens omfattning och projektuppläggnings. Skillnaden i ambitionsnivå är i sig ett problem, som även utan de ytterligare komplikationer som beskrivs i andra delar av granskningsrapporten skulle ha medfört en oklarhet om nivå 2 PSA:s ställning och relevans i förhållande till PSA nivå 1.

5.1.2 Projektstyrning och kvalitetssäkring

O3 PSA nivå 2 har drivits som ett separat projekt, d.v.s. genomförts oberoende av PSA nivå 1. I genomförandet har ett antal olika organisationer varit inblandade. Således har OKG/TR varit projektledare och inom projektet dessutom gjort kvantifieringen av haveriutvecklingsträd (CET, Containment Event Trees), sammanställningar och tolkningar av resultat samt skrivit huvudrapporten. Det är positivt att OKG/TR tagit så stor del i arbetet. Biträdande projektledare har kommit från Agrenius Ingenjörbyrå, som tidigare också varit sammanhållande för Forsmark 3 PSA nivå 2. Analysen av missödessekvenser samt beräkning av källtermer har gjorts av Vattenfall Energisystem och ES-konsult. Slutligen har FAI (Fauske and Associates Inc.) gjort fenomenanalysen och utvecklat haveriutvecklingsträden. Samordningen med PSA nivå 1 har skötts internt inom OKG/TR.

Intrycket är att samtliga inblandade parter varit kompetenta att arbeta inom sina delområden, och att redovisade analysrapporter i huvudsak ger nöjaktiga svar på de frågor som analyserats. Trots detta finns det problem med den överordnade projektorganisationen. I alltför hög grad ger redovisade analyser ett intryck av att hänga i luften. Detta beror både på en otillräcklig integration av dokumentationen och på att motiven och bakgrunden till att vissa analyser genomförs och andra ej är otillräckligt redovisade. Detta kommer att diskuteras vidare nedan i samband med dokumentation och samordningen med PSA nivå 1.

Det råder generellt oklarhet om hur granskning av projektet och dess delanalyser skett. Viss korsvis granskning verkar ha skett (d.v.s. olika inblandade har granskat varandras rapporter), men ej dokumenterats. OKG/S har granskat slutsatser (d.v.s. huvudrapport) men inget annat underlag. I flertalet fall verkar det som om dessa granskningar inte har dokumenterats, vilket formellt sett ger dem ringa relevans. De kanske allvarligaste bristerna inom detta område är att samordningen med nivå 1 PSA ej har granskats, samt att ingen externa granskning verkar vara gjord. Det är i detta sammanhang värt att notera att Relcon AB, som gjort större delen av PSA-modelleringen i nivå 1-delen av O3 PSA överhuvudtaget inte verkar ha varit inblandade i nivå 2-studien, varken i integrationen av nivå 1 och nivå 2 eller som granskare.

5.1.3 Syfte med analysen

I huvudrapporten anges i kapitel 2 ”...att syftet och målet med studien är att kontrollera reaktorinneslutningens tålighet och de konsekvenslindrande systemens funktion vid svåra haverier som medför härdskada. Detta görs genom att bestämma sannolikheten för utsläpp till omgivningen som är större än vad som är tillåtet vid normal effekt drift.”

Detta senare är ett mycket ambitiöst syfte, men överensstämmer inte med vad som normalt avses med en nivå 2-studie. Den genomförda studien har ej heller genomförts i enlighet med detta syfte. Om man skulle bestämma sannolikheten för utsläpp till omgivningen som är större än vad som är tillåtet under normal drift, skulle detta innefatta samtliga störningar i händelseklass H3, H4 och H5. I dessa händelseklasser accepteras betydligt större utsläpp än under normal drift. Utsläppet till omgivningen blir då större än under normal drift även om inneslutningen uppfyller ställda täthetskrav.

Den första målsättningen är å andra sidan för låg. Funktionen hos de konsekvenslindrande systemen bör ha varit känd och analyserad i samband med att de infördes. Deras funktion var ju ett direkt krav enligt regeringens brev daterat 27 februari 1986 och en förutsättning för att driften fick fortsätta efter den 1 januari 1989.

Sammanfattningsvis har beskrivningen av analysens syfte blivit alltför begränsad. Under punkt 2 borde man specificera syftet och målet i ett antal punkter, t.ex. som det är gjort i avsnitt 2.1 av IAEA:s guide för nivå 2 PSA [3]. Dessa punkter skall vara så klara att de är en vägledning för studiens genomförande och så att man efter arbetet slut kan kontrollera att syftet och målet med studien är uppfyllt.

5.1.4 Dokumentation

Dokumentationen presenteras i tre pärmar, varav den första innehåller en ganska kort sammanfattningsrapport, den andra beskrivande rapporter för totalt sex av de olika fenomen som under ett härdsfälteförlopp kan hota inneslutningens integritet, och den tredje övriga analyser som genomförts inom projektet.

Pärmarna ingår formellt i en samlad dokumentation för O3 PSA, inkluderande även PSA nivå 1. I praktiken lever dock nivå 2-studien sitt eget liv, nästan helt oberoende av nivå 1 PSA, som betecknande nog i alla referenser fått beteckningen ”O3 PSA”. Dokumentstatus för O3 ÅSA och samordning inom dokumentet måste redas ut. Problem rörande samordning och växelverkan med nivå 1 PSA diskuteras mera i detalj i ett kommande avsnitt.

Inom nivå 2-dokumentationen finns problem som i praktiken gör det mycket svårt för någon som inte varit direkt inblandad i analysens framtagande att förstå och användas studien och dess resultat. Ingående analyser är dåligt integrerade i studien. Rapporterna är i princip fristående, och den enda kopplingen finns via den summerande huvudrapporten. Rapporterna finns visserligen samtliga summerade och refererade i huvudrapporten, men de summeringar som ingår är i många fall för kortfattade och fragmentariska för

att vara fullt begripliga och innehåller dessutom en del felaktigheter relativt refererade rapporter. Detta gäller t.ex. integration av FAI:s fenomenrapporter, där vissa slutsatser utelämnats eller ej beskrivits korrekt.

Ett annat viktig problem med dokumentationen, och därmed också med studien i sin helhet, är att motiveringar till valda begränsningar och urval ofta saknas. Detta gör det i praktiken omöjligt för en utomstående granskare att bedöma relevansen i studiens innehåll och resultat.

5.2 Analysrelaterade frågor

Generellt kan uppläggning av en PSA nivå 2 beskrivas enligt följande:

1. Utgångspunkten är sekvenser som i PSA nivå 1 konstaterats medföra härdskada. Det är dessa härdskadors vidare utveckling man vill analysera, särskilt i de fall de medför radioaktiva utsläpp utanför inneslutningen.
2. Nivå 1-analysens härdskadesekvenser karakteriseras och grupperas med avseende på det stationstillstånd de resulterar i (s.k. binning). Frekvensen för alla sekvenser som tillhör ett och samma stationstillstånd summeras, och blir i nivå 2-analysen stationstillståndets frekvens. Stationstillstånden utgör därmed inledande händelser i nivå 2-analysen.
3. Varje stationstillstånd analyseras separat i ett haveriutvecklingsträd (CET, Containment Event Tree).
4. I CET ingår system för haverihantering (för O3 är detta 322-sprinkling, 322 oberoende, 358, 361 och 362) samt sådana fenomen som kan inträffa i reaktortank eller inneslutning under eller efter att en härdskada inträffat, och som har potential att skada inneslutningen.
5. Fenomenanalysen är därför en viktig del av PSA nivå 2 och presenteras separat.
6. Analysen kommer att visa vilka händelsesekvenser som medför utsläpp av radioaktiva ämnen, antingen filtrerat via 362 eller direkt till omgivningen via en skadad inneslutning. Tidpunkten för utsläppet och källtermen är viktiga för bedömningen av ett utsläpps allvarlighet.
7. För att bestämma haveriförloppet och utsläppets tidsförlopp och storlek görs ett antal verifierande deterministiska beräkningar, i Sverige normalt med MAAP.

5.2.1 Randvillkor för analysen

Överblicken över analysens randvillkor är en springande punkt i varje PSA, eftersom valda randvillkor (antaganden, avgränsningar, förenklningar, konservatism, icke-konservatism) kan ha en stor påverkan på resultaten - både absolut och relativt.

För O3 PSA nivå 2 gäller, att analysens uppläggning och resultat i praktiken styrs helt av ett antal outtalade randvillkor. Vissa är tämligen uppenbara för en granskare, andra är (i bästa fall) kända för analysgruppen själv. Att analysen saknar en sammanställning och värdering av styrande randvillkor och begränsningar är en allvarlig brist. En sådan listning bör presenteras i varje större delanalys; dessutom bör de viktigaste punkterna även presenteras i huvudrapporten. I fall där möjlig resultatpåverkan är stor, bör randvillkoren även värderas. Den gemensamma listan utgör därför en självklar utgångspunkt för känslighetsanalyser.

Vad gäller analysens fullständighet, förs det ingen diskussion av detta i O3 PSA nivå 2. Även detta är något som bör beröras, och som inte kan vara oberoende av omfattningen av PSA nivå 1. Detta gäller t.ex. följande punkter:

- Inledande händelser
Sällsynta inledande händelser som i nivå 1-sammanhang är av mindre intresse kan i nivå 2 ge betydande riskbidrag. Detta gäller till exempel reaktortankbrott.
- Analys av rumshändelser (brand och översvämning inom anläggningen)
Detta ingår formellt i PSA nivå 1, men utesluts ur nivå 2 utan kommentar.
- Övriga yttre händelser (utöver rumshändelser)
Dessa har ofta låg frekvens, men kan vara av intresse om de har potential att primärt skada inneslutningen. Eftersom PSA nivå 1 innehåller en genomgång av övriga yttre händelser krävs någon form av kommentar även i PSA nivå 2.

5.2.2 Koppling till nivå 1 PSA

Modelleringen av ett missöde i en nivå 2 PSA tar vid där nivå 1 PSA slutade. Detta innebär att nivå 2-analysen skall modellera hur de härskador som i nivå 1 PSA konstaterats inträffa utvecklas och om aktivitetsutsläpp utanför inneslutningen fås.

Det finns således i en nivå 2 PSA ett antal viktiga beröringspunkter med nivå 1-analysen. En del av dem berör ett missödes utveckling och är ganska självklara, medan andra är mera indirekta, och berör inte analysen i sig, utan dess randvillkor och genomförande.

Sammanfattningsvis finns det kopplingar mellan nivå 1 och nivå 2 PSA inom följande områden:

1. Projektets uppläggning och genomförande
2. Modellering av missödesförlopp
3. Utformning av anläggningsmodell

Granskningens kommentarer med avseende på dessa områden beskrivs i det följande i var sitt avsnitt.

5.2.2.1 Projektets uppläggning och genomförande

Beskrivning av kopplingen i O3 PSA

Som framgår av diskussionen ovan är beskrivningen av kopplingen mellan nivå 1 och nivå 2 PSA viktig. En sådan beskrivning bör tas fram på ett tidigt stadium i PSA-projektet för att i nödvändig utveckling styra genomförandet av *båda* analyserna och få till stånd ett korrekt gränssnitt mellan dem.

Det kan konstateras att en beskrivning av kopplingen mellan O3 PSA nivå 1 och nivå 2 saknas i båda dessa analyser. Detta är i sig en brist eftersom det påverkar analysens begriplighet. I förlängningen bedöms dock även analysens relevans och fullständighet ha påverkats.

Koordinering av delanalyser

Det finns i en del fall ett behov av att koordinera delanalyser i PSA nivå 1 och nivå 2. Detta gäller t.ex. system som krediteras i båda analyserna, systemkrav, detaljeringsgrad, använda databaser och samordning av randvillkor. I det följande ges en del kommentarer med avseende på detta.

Systemanalyser

Systemanalyserna i PSA nivå 1 och nivå 2 skall vara konsistenta, d.v.s. likartade med avseende på allmän modelleringsfilosofi, detaljeringsgrad m.m. Dessutom skall givetvis samma modeller användas om samma system förekommer både i nivå 1 och i nivå 2 PSA. Detta gäller dels en del säkerhetssystem, t.ex. 322-721-712, dels hjälpsystem till aktiva säkerhetssystem, exempelvis elmatning.

Det framgår ej ur O3 PSA nivå 2 om detta är uppfyllt. Inom PSA nivå 1 redovisas systemanalyser för system 361, 362 och 322O. Analys saknas dock av system 358, system för vattenfyllning av nedre DW, även detta borde redovisas i nivå 1 kap 5 (systemanalys). Eftersom kvantifieringen av nivå 2 PSA skett utan boolesk koppling till nivå 1, har heller inte funktionella beroenden via hjälpsystem beaktats.

Systemkrav nivå 1/nivå 2

De systemkrav som gäller i nivå 1 PSA är i en del fall konservativa då man går över till nivå 2. Detta gäller t.ex. avställningssystem och system 314. Detta kommenteras i kapitel 3.2.2.1.

Analys av manuella ingrepp

Ingen separat analys redovisas för PSA nivå 2. Detta innebär att den analys av operatörsingrepp som redovisas i appendix C till O3 PSA nivå 1 antas gälla även för nivå 2. Detta är rimligt, eftersom det är av stor vikt att manuella ingrepp behandlas på ett konsistent sätt i O3 PSA.

Den redovisade analysen är dock helt inriktad på nivå 1-analysens behov. I den mån nivå 2-relaterade ingrepp har analyserats så beror detta på att de krediterats i nivå 1-analysen. Detta innebär att ingen samordning och iteration skett med nivå 2-analysen. Vidare saknas vissa viktiga nivå 2-ingrepp. I andra fall är analysen alldeles för grov med tanke på ingreppets betydelse i nivå 2 PSA. Som ett exempel borde inkoppling av 322O ha analyserats i detalj i HRA, eventuellt ett par fall med olika tillgänglig tid för inkoppling.

Data

Data som används är nästan genomgående otillräckligt underbyggda. Detta gäller i första hand manuella ingrepp och systemotillgängligheter. Vissa summeringar görs, och resultat från systemkvantifieringar utnyttjas. I dessa fall ges vaga referenser till ”O3 PSA”, vilket gör det mycket svårt att kontrollera referensen.

5.2.2.2 Modellerung av missödesförlopp

I PSA nivå 1 analyseras de händelsesekvenser som följer på en inledande händelse till dess de uppnått ett av flera fördefinierade sluttillstånd. Målet är att

identifiera händelsesekvenser som resulterar i härdskada. Härdskadan utgör sedan utgångspunkten för analysen i PSA nivå 2.

Både kvalitativt och kvantitativt blir därför resultaten i PSA nivå 2 starkt beroende av hur kopplingen mellan analyserna görs. Detta innebär att tre frågor är av stor betydelse:

1. Inledande händelser, d.v.s. vilka inledande händelser har modellerats i nivå 1 PSA, och är dessa relevanta även i nivå 2-analysen?
2. Härdskada, d.v.s. vad menas med ”härdskada” i en nivå 1 PSA?
3. Stationstillstånd, d.v.s. vilka förhållanden gäller i övrigt vid en konstaterad härdskada i nivå 1 PSA?

Modellerade inledande händelser

Målet i en nivå 1 PSA är att identifiera och modellera alla inledande händelser som med en icke försumbar frekvens kan medföra härdskada. Vilka inledande händelser som inkluderas blir därmed delvis avhängigt de sällningskriterier man haft i analysen.

I en nivå 2 PSA står radioaktiva utsläpp i fokus, vilket innebär att det blir särskilt viktigt att identifiera och modellera snabba och våldsamma förlopp som i samband med en härdskada även kan skada inneslutningen. Detta innebär att även inledande händelser som i en nivå 1 PSA betraktas som försumbara kan vara relevanta i nivå 2. Detta gäller exempelvis reaktortankbrott eller vissa typer av yttre händelser, som mycket väl kan ge ett dominerande bidrag till frekvensen för stora utsläpp.

O3 PSA nivå 2 innehåller inga sådana överväganden, utan har utan kommentar övertagit de inledande händelser som modellerats i nivå 1 PSA. Detta är icke-konservativt och borde motiveras. Det saknas också ett systematiskt sökande efter inledande händelser som skulle kunna skada inneslutningen primärt (före eller i samband med HS).

Definition av ”härdskada”

Frågan om vad som avses med ”härdskada” kan tyckas överflödigt, men är i högsta grad relevant, och påverkar faktiskt bedömningen av flertalet härdskadekategorier. I själva verket är den problematisk för alla kategorier utom HS2:

- HS1; definieras baserat på för hög bränsletemperatur lokalt i härden. Detta har i nivå 1 PSA definierats konservativt (2-4 intilliggande stavar beroende på vilka avställningssystem som är tillgängliga), vilket i praktiken innebär att även lokala bränsleskador faller inom definitionen. En sådan definition är alltför konservativ i en nivå 2 PSA. Definitionen av HS1 behöver differentieras så att stora härdsador skiljs från ekonomiska konsekvenser.
- HS2; definieras baserat på bränsletemperatur i större del av härden. Även här finns det en del konservatism, som dock inte är särskilt problematiskt. Detta beror på att det är tillgänglig tid för åtgärder som är styrande, och denna påverkas inte särskilt mycket om tillåten bränsletemperaturen höjs några hundra grader.

- HS3; definieras baserat på bränsletemperatur i större del av härden
På grund av lägre resteffektnivåer så kommer tillgänglig tid för åtgärder att påverkas starkare än för HS2 (eftersom en höjning av tillåten bränsletemperatur skulle medföra en större förlängning av tillgänglig tid för åtgärder); det är dock normalt en rimlig konservatism att bortse från detta. En annan viktig fråga är vilka system som krediterats innan härdskadans konstaterats uppstå. Det är praxis att redan i nivå 1 PSA ta kredit för haverihanteringssystem för resteffektkyllning. Detta måste hanteras på ett korrekt sätt i nivå 2 PSA.
- ÖT2; potentiell härdskada
Händelsen innebär att risk finns för övertryckning av reaktortanken, men att härdskada ännu ej inträffat. Här skall alltså i nivå 2 PSA avgöras om härdskada inträffar, om övertryckning inträffar, och om denna inträffar på ett sådant sätt att inneslutningen skadas.
Detta innebär att krav på 314 vid tryckavsäkring behöver differentieras. Dagens krav innebär normalt att en stor del av ÖT2 händelserna inte medför härdskada. Även för de fall härdskada inträffar måste det bestämmas om det vid någon nivå (0, 1, 2... öppna ventiler) finns en risk att inneslutningen skadas. Det är enbart de fall som medför risk att inneslutningen skadas som skall behandlas i nivå 2-studien (resten kommer att ge ett försumbart bidrag till HS2-frekvensen).

Definition av stationstillstånd (binning)

Det är viktigt att nivå 1-modellen utformas så, att en relevant uppsättning stationstillstånd (PDS, plant damage states) kan fås. Följande parametrar är av primärt intresse:

- Härdskada - tidig eller sen
- 322-kyllning av 316 - tillgänglig eller ej
- 322-sprinkling av wetwell eller drywell - tillgänglig eller ej
- Tryck i reaktortank - högt eller lågt
- Tryck i inneslutning - högt eller lågt
- 361/362- aktiverad eller ej
- Inneslutning - intakt eller ej

I O3 PSA nivå 2 har man av analystekniska skäl (begränsningar i RiskSpectrums kapacitet) använt sluttillstånden från nivå 1 PSA som stationstillstånd, d.v.s. HS1, HS2, HS3 och ÖT2. Dessutom ingår yttre rörbrott (Y). En uppdelning görs av HS2 och HS3 i tre fall, HSxI (Inneslutning luftfylld), HSxL (LOCA) och HSx (Transienter och CCI). Inga stationstillstånd utöver dessa definieras. HS2-HS2I-HS2L respektive HS3-HS3I-HS3L verkar dock behandlas på exakt samma sätt i CET och kvantifiering, vilket skulle innebära att man i praktiken har använt endast 5 stationstillstånd.

Not: Möjligen har HSxL särbehandlats i utsläppsberäkningen; huruvida detta har skett kan dock ej utläsas ur presenterade resultat.

Eftersom detta starkt förenklade förfarande ej överensstämmer med gängse praxis i nivå 2 PSA, borde analysen diskutera den grundläggande frågan om de 9 (eller 5?) stationstillstånden verkligen ger en relevant och fullständig uppsättning bild av stationens status i samband med en inträffad härdskada.

Om så konstateras ej vara fallet måste man också diskutera vad man förlorat på förenklingen. Någon sådan diskussion förs ej, vilket måste ses som en mycket allvarlig brist.

I tabell 5-1 nedan görs ett försök att karakterisera stationstillstånden med avseende på de parametrar de normalt skall täcka in. Som synes är flera centrala parametrar obestämda.

Tabell 5-1 O3 PSA nivå 2 - resultat enligt huvudrapporten (tabell 8.2)

		HS1	HS2	HS2I	HS2 L	HS3	HS3I	HS3 L	ÖT2	Y	Kommentar
Härdskada	Tidig	X	X	X	X	X	X	X	(X)	X	
	Sen									X	
W1A 316-kylning	Nej										
	Valbar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
W1B 322-sprinkl.	Nej										Modelleras i CET
	Valbar	X	X	X	X	(X)	(X)	X	X	X	
RT-tryck	Högt	X	(X)	(X)		(X)	(X)		X		
	Lågt		(X)	(X)	X	X	X	X		X	
IS-tryck	Högt					X	X	X			
	Lågt	X	X	X	X				X	X	
361/362	Aktiv										Modelleras i CET
	Ej -"-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Inneslutning	Intakt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Postulerat OK
	Ej -"-										

Vad gäller frekvensen för de olika stationstillstånden så har den troligen erhållits ur kvantifieringen av nivå 1-modellen. Detta finns dock inte beskrivet, och det är i flera fall obegripligt hur man kommit fram till använda frekvenser.

Med avseende på använda stationstillstånd kan följande ytterligare kommentarer ges:

- ÖT2 - Övertryckning
ÖT2 borde ha analyserats ytterligare för att bestämma dynamiska effekter med inverkan på nivå 2, exempelvis enligt:
 - ≥ 11 öppnar → OK
 - < 11 öppnar → något går sönder (Liten LOCA?)
 - $< x$ öppnar → 327 kan kyla
 - $< y$ öppnar → risk för inneslutningsskada vid ÖT (d.v.s. före HS)
- LOCA (HS2L, HS3L)
Det saknas fall med läckage $> 0.3\text{m}^2$ i mellanbjälklag. Detta skulle medföra skadad inneslutning före härdskada.
- Y - yttre LOCA
Frekvensen inkluderar 0.1/b för utebliven isolering av inneslutningen, och 0.1/b för misslyckande med nedreglering av 323-flöde. Inga referenser ges

för detta.

Not: För övriga sekvenser har man antagit sannolikheten 0 för utebliven isolering av inneslutningen. Med antaganden enligt ovan skulle resultatpåverkan bli betydande.

5.2.2.3 Utformning av anläggningsmodell

Med detta avses hur analysens händelse- och felträd har kopplats mellan nivå 1 och nivå 2 PSA, samt hur kvantifieringen av analysen skett i nivå 2 PSA.

Koppling av logisk modell

Analysen utgår från frekvensen för konsekvenskategorierna (HS1...) såsom de beräknats i nivå 1 PSA. Dessa frekvenser används för att bestämma frekvensen för stationstillstånden, vilka i sin tur utgör ingången till haveriutvecklingsträden (CET). Förfarandet innebär i praktiken att det finns en brandvägg mellan analyserna, och att analysmodellen i övergången kan sägas ”tappa minnet”, vilket innebär att kvalitativ information tappas om följande:

- funktionella beroenden av hjälpsystem
- systemstatus från nivå 1 PSA, d.v.s. huruvida ett visst system har felat eller ej
- kreditering av system, d.v.s. huruvida system dubbelkrediteras

Konsekvensen är att beräkningen blir fel per definition för de sekvenser som involverar samma aktiva system på ömse sidor om brandväggen. Det finns i O3 PSA nivå 2 flera exempel på felräkningar av detta slag. Resultatpåverkan kan vara avsevärd, både för enskilda sekvenser och på totalnivå.

Det viktigaste exemplet gäller system 322O och 362 som krediterats i nivå 1 PSA för resteffektkylning, och som krediteras ytterligare en gång i nivå 2-analysen. För enskilda sekvenser kan detta innebära en underskattning av utsläppsfrekvensen med flera tiopotenser; påverkan på totalnivå är svår att uppskattas utan omkvantifiering, men kan vara avsevärd. Även om påverkan skulle antas vara försumbar, måste detta visas i studien.

Kvantifiering av modellen

En konsekvens av den förenklade modellering som valts (se föregående avsnitt) är att kvantifieringarna ej är gjorda i Risk Spectrum, utan verkar vara beräknade på ett kalkylblad. Detta borde givetvis både beskrivas och motiveras explicit, och inte behöva gissas.

5.2.3 Haveriutvecklingsträd (Containment Event Trees, CET)

Nivå 2-analysen har utgått ifrån resultatet av PSA nivå 1. För de händelser som medför härdsador enligt PSA nivå 1 har påverkan på inneslutningens integritet studerats i 6 fenomenrapporter. Dessa kommenteras i avsnitt 3.4 Dessutom har de konsekvenslindrande systemens påverkan på händelseförloppet studerats.

En nivå 2-analys bör innehålla en total bedömning av sannolikheten av alla händelser som medför att härden skadas så att stora mängder radioaktiva ämnen kommer ut i inneslutningen, och skador eller fel på inneslutningen så att den inte uppfyller ställda täthetskrav. Dessa täthetskrav bestäms av de värden

som använts i de analyser som ligger till grund för omgivningsanalyserna i anläggningens säkerhetsrapport (FSAR). För Oskarshamn 3 har antagits att vid maximalt beräknat tryck i inneslutningen är läckaget från inneslutningen 1,33% av den inneslutna gasmassan på 24 timmar.

5.2.3.1 Grunder för utveckling av CET

En del i studien bör även vara att bedöma det totala utsläppet av radioaktiva ämnen till omgivningen vid olika felmoder och händelsesekvenser. För detta ändamål är det viktigt att klarställa om härdsador inträffar före eller efter att inneslutningens täthet går förlorad, d.v.s. är inneslutningen öppen då aktivitetsfrigörelse sker till inneslutningen eller ej. En annan viktig fråga är efter hur lång tid härdsador inträffar, d.v.s. i vilken utsträckning hinner kortlivade nuklider klinga av innan allvarliga härdsador sker.

Resultatet av detta är att i CET bör följande frågor ställas:

1. Är inneslutningens integritet (täthet) nedsatt under drift?
Detta kan bero på t.ex. att inneslutningens täthet har degraderats sedan föregående täthetsprov. Jämför skadorna på tätplåten i Barsebäck och toroiden i Forsmark. En viss sannolikhet föreligger alltid att drift sker utan att inneslutningen är driftklar.
2. Påverkas inneslutningens integritet i samband med primärhändelsen eller innan härdsador uppstår?
Inneslutningen kan skadas i samband med primärhändelsen eller innan härdsador uppstår. Detta kan inträffa bl.a. i följande fall:
 - Vid LOCA finns viss sannolikhet för att skalventiler inte stänger.
 - Vid LOCA och läckande mellanbjälklag tryckavlastas inneslutningen via system 361. Vad är sannolikheten att skalventilerna i system 361 inte stänger efter 20 minuter?
 - Om läckaget genom mellanbjälklaget är större än vad som motsvarar arean på ett nedblåsningsrör befinner man sig utanför konstruktionsförutsättningarna för system 361. Vad händer med inneslutningen i detta fall? Vad är sannolikheten för detta?
 - Vid tryckavlastning via system 361 strömmar ånga och gas ut från inneslutningen. Då skalventilerna i system 361 stänger efter 20 minuter kommer inneslutningen att innehålla huvudsakligen ånga. Då ångan kondenserar uppstår ett undertryck i inneslutningen. Inneslutningen är dimensionerad för detta undertryck men NPSH-marginalen för 322- och 323-pumparna är ej analyserade för detta undertryck i inneslutningen. LOCA och läckande mellanbjälklag kan således medföra härdsador.
3. Kan inneslutningen skadas i samband med härdsalmälförloppet?
Finns det händelser som i samband med härdsalmälförloppet kan skada inneslutningens integritet?
4. Kan inneslutningen skadas till följd av utebliven funktion hos de konsekvenslindrade systemen?

Detta kan visas i ett övergripande CET enligt figur 5-1 nedan. I nivå 2-analysen för O3 har endast punkt 4 och delvis 2 och 3 behandlats i enlighet med ovanstående diskussion.

1	2	3	4	
Inneslutningens integritet (täthet) nedsatt under drift	Inneslutningens integritet påverkas i samband med primärhändelsen eller innan härdsador uppstår	Inneslutningen skadas i samband med härdsälteförloppet	Inneslutningen skadas p.g.a. utebliven funktion hos konsekvenslindrande system	
Nej	Nej	Nej	Nej	Tät inneslutning (l),(f) enligt O3 PSA
			Ja	Skadad inneslutning (o),(d),(p) enligt O3 PSA
		Ja		Skadad inneslutning Antas kunna försummas i O3 PSA
	Ja			Skadad inneslutning Endast beaktat för stationstillstånd Y i O3 PSA
Ja				Otät inneslutning Ej beaktat i O3 PSA

Figur 5-1 Övergripande haveriutvecklingsträd (CET)

5.2.3.2 Utformning av CET

Totalt har tre CET utvecklats, för HS1/HS2, för HS3 och för ÖT2. Samma CET har använts för stationstillstånden HSxL och HSxI. Kategori Y (Y-LOCA) har kvantifierats utan CET, eftersom den primärt antas leda till bypass av inneslutningen.

Generella synpunkter

Följande generella kommentarer kan ges:

- Den logisk modellering av fenomen utgår från att dessa antingen kan inträffa eller ej; någon osäkerhet förutsätts inte finnas. Som ett resultat har fenomen modellerats i CET med ”0” eller ”1” i varje förgreningspunkt. Eftersom analyserade fenomen (utom genomsmältning av genomföringar i nedre drywell) antas ej kunna inträffa, är värdet i dessa fall ”0”, vilket i O3 PSA nivå 2 innebär att fenomenen överhuvud taget inte inkluderats i CET. Detta angreppssätt medför flera problem:
 - Ej modellerade fenomen är otillgängliga för en känslighetsanalys. I många fall kan det enbart av detta skäl finnas anledning att inkludera fenomenen, även om de har åsatts en försumbar sannolikhet.
 - Om CET kompletteras med en generell förgreningspunkt P(fenomen), ”Inneslutningsskada p.g.a. fenomen under eller efter HS”, så skulle denna ge utsläpp inom kategorin (o). Även om sannolikheten för denna gren sätts till ett mycket lågt värde, t.ex. 0.001 (d.v.s. om det antas att en härdskada av tusen också medför att inneslutningen skadas) så fås ett dominerande bidrag till frekvensen för stora utsläpp, c:a 3 gånger högre än för nuvarande kategori (o).

- Med tanke på föregående punkt, måste ett rimligt krav på O3 PSA nivå 2 vara att man på ett övertygande sätt visar att bidraget är försumbart vid sidan av beaktade riskbidrag. Man måste alltså visa att $P(\text{fenomen}) \ll 0.001$, vilket man ej har gjort.
- Koppling CET - nivå 1 på det sätt den gjorts i O3 PSA är problematisk, eftersom kvantifieringen i nivå 2 PSA görs på ett Excelblad:
 - Haverihanteringssystem är krediterade både i PSA nivå 1 och 2
 - Eftersom aktiva system modelleras båda i PSA nivå 1 och 2 kommer funktionella beroenden att tappas bortDetta har kommenterats i kapitel 3.2.
- Antalet CET är litet, vilket ytterst beror på det otillräckliga antalet stationstillstånd. Dessa ger en grov bild som ej fångar in alla relevanta parametrar (påverkar i förlängningen realismen i riskberäkningarna). Detta har kommenterats i kapitel 3.2.
- Begreppet SAM (Severe Accident Management) bör tillämpas mera stringent. Det inkluderar för närvarande även effekterna av att systemkraven för 314-ventilerna räknats om.

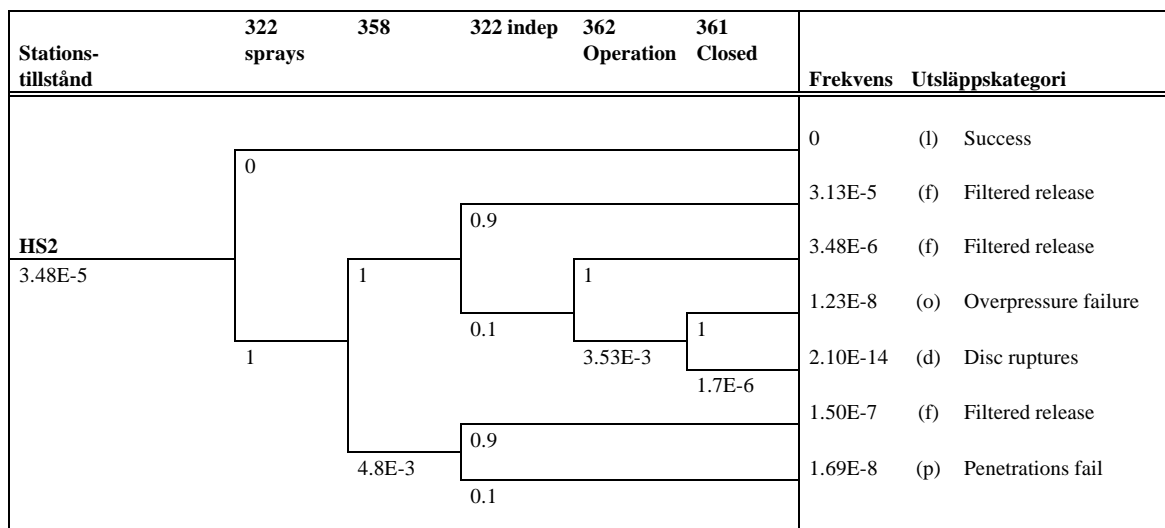
CET för HS2 och HS1

Figur 5-2 visar analysens haveriutvecklingsträd för HS1 och HS2 (frekvenserna gäller för HS2). I figuren har sannolikheter för förgreningspunkterna och frekvenser för resulterande utsläppskategorier lagts in.

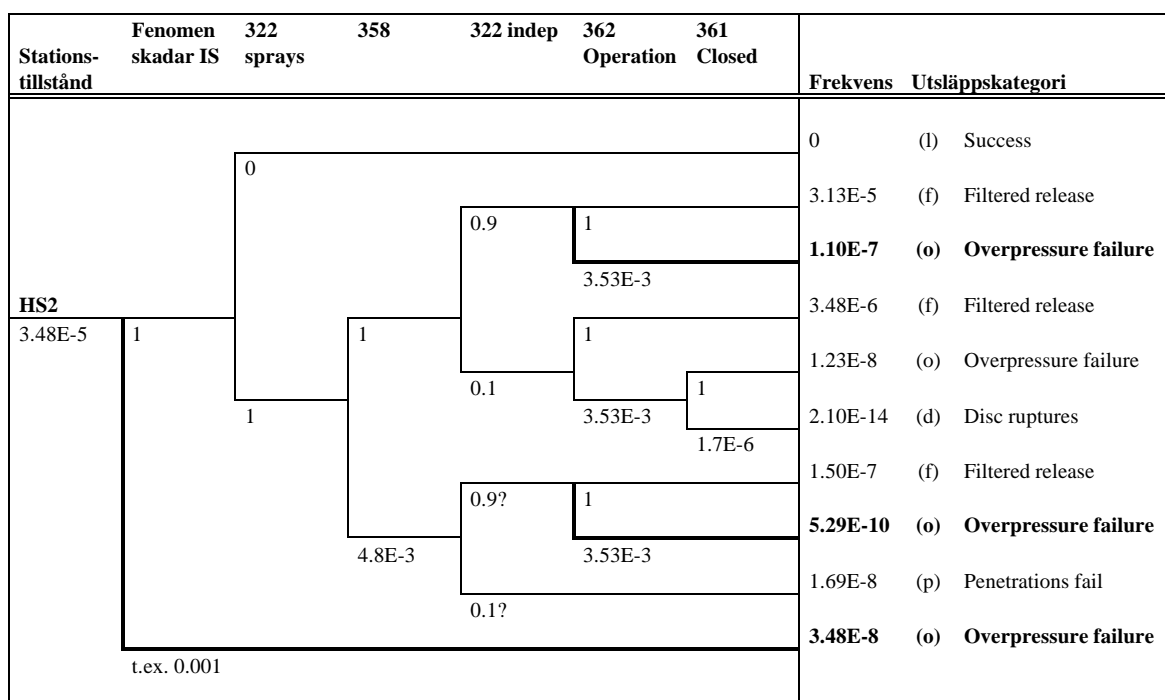
Följande kommentarer gäller specifikt för detta haveriutvecklingsträd:

- Det förutsätts att alla HS1-sekvenser är lugna, d.v.s. att inneslutningen ej skadas primärt i samband med härdskadnan. Detta innebär att allvarligare konsekvenser definitionsmässigt utesluts ur analysen.
- CET saknar en gren för 362-funktion i långtidsförloppet (>24h) i de fall 322O har fungerat. Denna gren ger ett dominerande bidrag till kategorin (o). Den borde dock egentligen tilldelas en egen utsläppskategori.
- Aktivering av 322 oberoende modelleras som en och samma händelse trots att den uppträder i två mycket olika scenarier. Det är knappast rimligt att sätta samma felsannolikhet eftersom fel i 358 kräver inkoppling av 322O redan inom en timme, mot normalfallets cirka 8 timmar.

Baserat på kommentarer enligt ovan skulle ett mera fullständigt CET kunna se ut som i figur 5-3. Ändringar har markerats med fetstil och tjockare linje. Frekvensen för kategori (o) ökar från $1.23E-8/\text{år}$ till $1.57E-7/\text{år}$, d.v.s. med en faktor 13.



Figur 5-2 CET för HS1 och HS2 enligt O3 PSA nivå 2 (data gäller HS2)



Figur 5-3 CET för HS2 - alternativt utseende

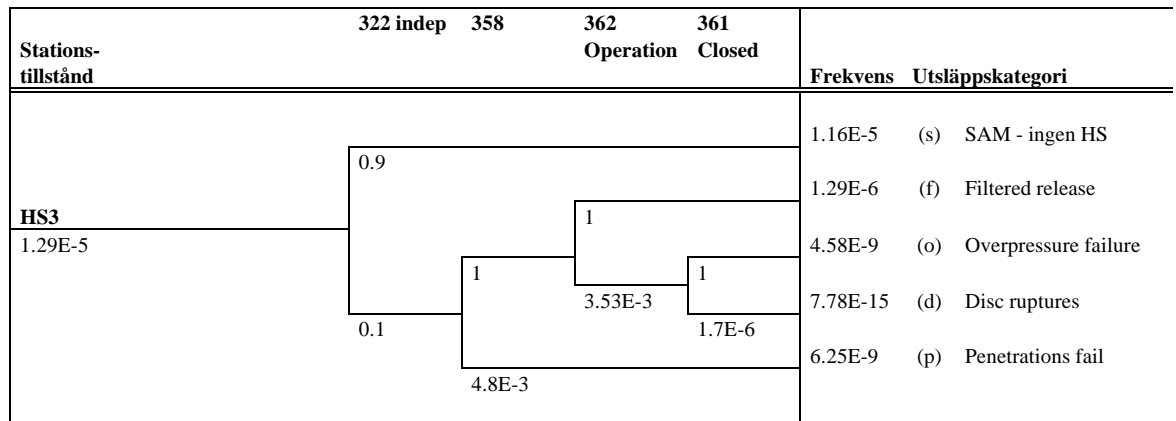
CET för HS3

Figur 5-4 visar analysens haveriutvecklingsträd för HS3. I figuren har sannolikheter för förgreningspunkterna och frekvenser för resulterande utsläppskategorier lagts in.

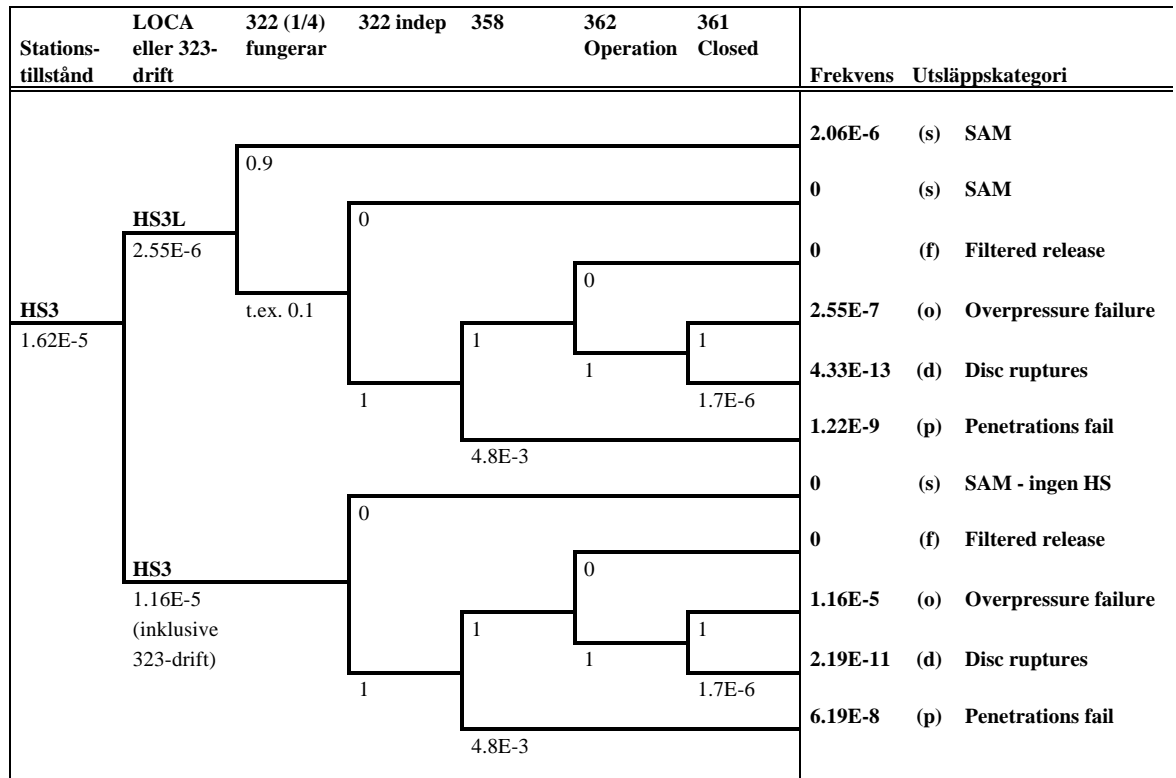
Följande kommentarer gäller specifikt för detta haveriutvecklingsträd:

- Vid LOCA samt vid 323-drift är systemkravet för 322 2-av-4. Därför bör trädets inkludera en gren som frågar om 1-av-4 stråk i 322 är tillgängliga.
- System 322O och 362 har krediterats redan i nivå 1 PSA, och borde inte ingå i trädets. Detta medför en avsevärd höjning av frekvensen för berörda sluttillstånd.

Baserat på kommentarer enligt ovan skulle ett mera fullständigt CET kunna se ut som i figur 5-5. Ändringar har markerats med fetstil och tjockare linje. På grund av komplexiteten i trädet skall detta dock främst ses som en skiss. Eftersom det inte varit möjligt att på ett enkelt sätt få fram andelen 323-drift går det heller inte att göra en helt korrekt kvantifiering av händelseträdet. Frekvensen för kategori (o) ökar maximalt från 4.58E-9/år till 1.29E-5/år, d.v.s. med en faktor 2800. Även frekvensen för stora utsläpp ökar dramatiskt. Skattningen är maximalt konservativ, men understryker att det är av största vikt att korrigera modelleringen!



Figur 5-4 CET för HS3 enligt O3 PSA nivå 2



Figur 5-5 CET för HS3 - alternativt utseende

CET för ÖT2

Figur 5-6 visar analysens haveriutvecklingsträd för ÖT2. I figuren har sannolikheter för förgreningspunkterna och frekvenser för resulterande utsläppskategorier lagts in.

Följande kommentarer gäller specifikt för detta haveriutvecklingsträd:

- Rubriken i CET ”4/5 314 valves” är felaktig. Funktionskravet i nivå 1 PSA är 11 av 16 ventiler, ej 5 av 16. Huruvida det rör sig om ett skrivfel eller en allvarligare missuppfattning framgår ej ur studien, texten indikerar dock att det senare ej kan uteslutas. Vad man verkar vara ute efter är bestämma en betingade sannolikheten för härdskada givet att sluttillståndet i nivå 1 PSA:n varit ÖT2. Förfarandet är problematiskt och delvis vilseledande av flera skäl:
 - Beskrivningen och motiveringen för manövern är vag och har inte kunnat förstås fullt ut. Det finns heller ingen kontrollerbar referens för den siffra som anges.
 - Det är oklart varför detta görs i nivå 2 PSA och inte i nivå 1
 - I resultatbeskrivningen får haverihantering och konsekvenslindrande system kredit för den resulterande reduktionen i härdskadefrekvens. Detta är orimligt, inte minst mot bakgrund av att resonemanget kring denna reduktion är en av de få tydligt formulerade slutsatserna i O3 PSA nivå 2.
- Inga dynamiska effekter i samband med övertryckning är beaktade, utan en övertryckning antas i sämsta fall förlöpa som en liten LOCA. Detta gör i praktiken analysen helt överflödig, eftersom man postulerat bort vad som är specifikt för ÖT2, nämligen potentialen att i primärt skada inneslutningen!

Baserat på kommentarer enligt ovan skulle ett mera fullständigt CET kunna se ut som i figur 5-7. Ändringar har markerats med fetstil och tjockare linje.

Stations-tillstånd	4/5 314 valves	Injection	322 Pool cooling	Frekvens	Utsläppskategori
				2.51E-4	(s) SAM
ÖT2	1	1		2.5E-8	- Transfer HS2/S-LOCA
2.51E-4		9.74E-5		1.3E-7	- Transfer HS2/S-LOCA
	3.29E-4				

Figur 5-6 CET för ÖT2 enligt O3 PSA nivå 2

Stations- tillstånd	>x 314- ventiler öppnar (HS)	>y 314- ventiler öppnar (IS-skada)	Injection	322 Pool cooling	Frekvens	Utsläppskategori
ÖT2	2.51E-4	3.29E-4?	1	1	2.51E-4	- OK (ej HS)
					8E-8	(s) SAM
					???	- Transfer HS3/S-LOCA
					2.5E-8	- Transfer HS2/S-LOCA
		???	???	???	???	(o) HS + skadad IS

Figur 5-7 CET för ÖT2 - alternativt utseende

5.2.4 Fenomenanalys

Det finns ett antal fenomen som i samband med härdsmlätförloppet kan skada inneslutningens integritet. I studien har sex olika haverifenomen studerats. Resultatet av dessa studier sammanfattas i kapitel 4 i huvudrapporten. Följande sex fenomen har studerats:

- Vätgasbrand
- Ångexplosion
- Återkriticitet
- Genomsmältning av genomföringar i nedre drywell
- Direct Containment Heating
- Rotation av reaktortanken, som leder till att genomföringar i reaktorinneslutningen dras sönder.

I det följande kommenteras behandlingen av dess sex fenomen i var sitt delkapitel. Inledningsvis kan dock följande generella kommentarer till analysen ges:

- Det saknas en överordnad fenomenrapport som beskriver möjliga fenomen, och motiverar varför vissa skall analyseras vidare och andra ej.
- Intrycket blir därför att analysen mycket väl kan sakna potentiellt relevanta fenomen. Varför har t.ex. inte global tankgenomsmältning och härdens kylbarhet i nedre primärutrymmet studerats?
- Analyserade fenomen har bedömts ha mycket liten sannolikhet att skada inneslutningen. Med detta som motiv har endast ett fenomen (Genomsmältning av genomföringar i nedre drywell) inkluderats i CET. Det intryck som fås efter granskningen är dock ett annat. Mot bakgrund av att den totala sannolikheten för härdsador och bristande inneslutningsintegritet är låg borde vissa av dessa fenomen inarbetas i CET, t.ex. vätgasexplosion och ångexplosionens påverkan på slussen. Detta ses som väsentligt eftersom man med vald strategi helt bortser från eventuella osäkerheter.
- Huruvida återkriticitet kan skada inneslutningen har inte behandlats i den fenomenrapport som behandlar återkriticitet.

I det följande redovisas en del synpunkter på de fenomenrapporter som redovisas samt hur resultatet presenteras i huvudrapporten.

Fenomenrapporterna har ej granskats i detalj. De ger dock ett mycket vederhäftigt intryck. De delar som berör hur fenomenen påverkar inneslutningens integritet i Oskarshamn 3 lämnar dock en del ytterligare att önska. Författarna till rapporterna förefaller inte att ha en heltäckande bild av bakgrunden till de konsekvenslindrande systemen samt OKG:s haverihanteringsstrategi.

5.2.4.1 Vätgasbrand

Fenomenrapporten ger en mycket bra beskrivning av problemet vätgasbrand. Det intressanta är hur dessa kunskaper tillämpas i analysen på Oskarshamn 3.

Under rubriken ”Likelihood of Oskarshamn 3 Containment in a De-inerted State” dras följande slutsatser:

”There will be accident sequences defined in the PSA level 2 study for Oskarshamn 3, where the containment atmosphere is directly connected with the atmosphere. During those sequences it is possible that hydrogen combustion will take place. However, the objective of this paper is to determine if the combustion of hydrogen could damage the containment in such a way that there would be a direct connection between the containment atmosphere and the environment. If the containment has already failed the situation is beyond the scope of this paper. Therefore, it can be concluded that oxygen will only be present in the containment during the 24 hour preceding a planned shut down and following the start up of full power.”

Kommentar:

Enligt ovan är det bara i samband med planerade upp och nedgångar som inneslutningen kan innehålla sådana mängder syre att vätgasbrand kan äga rum. De händelse som innebär att inneslutningens atmosfär står i direkt förbindelse med omgivningen så att luft kan komma in i inneslutningen och vätgasbrand uppstå ligger utanför fenomenrapportens uppgift. Vid svåra haverier finns ett händelse som kan medföra att inneslutningen luftfylls utan att inneslutningens integritet har förlorats. I samband med LOCA och läckande mellanbjälklag kommer system 361 att aktiveras. Om system 322 fungerar enligt konstruktionsförutsättningarna kommer det i vissa fall att bildas ett undertryck i inneslutningen relativt omgivningen innan skalventilerna i system 361 har stängt. I dessa fall kommer luft att sugas in i inneslutningen och således föreligger risk för vätgasbrand. Sannolikheten för denna händelse samt risken och konsekvensen av vätgasbrand bör ingå i studien.

Under rubriken ”Maximum Containment Pressure after a Deflagration” behandlas bland annat maxtrycket i inneslutningen vid deflagration som funktion av inneslutningens fria gasvolym. Följande slutsats dras:

”For the Oskarshamn 3 case, the likelihood of having a high volume reduction and a high steam mole fraction simultaneously is extremely low. Rather, if there is a free volume reduction, it is very likely that the steam mole fraction would be low (5-10%). This is because the occurrence of free volume reduction indicates that there is some water injection into the containment (322 independent). If the steam mole fraction is high, it is likely that there is no external water injection and, therefore no free volume reduction.

Kommentar:

Ett mycket trolig händelseförlopp vid svåra haverier är att man pumpar in

vatten till inneslutningen med system 322 oberoende. När vattennivån i inneslutningen har nått en nivå som motsvarar härdens övre kant avbryts all vatteninpumpning. På grund av resteffekten värms vattnet upp och på grund av den ånga som genereras stiger trycket i inneslutningen. Trycket stiger tills system 362 aktiveras. Ett mycket troligt fall i samband med ett svårt haveri är således att det föreligger stor volymreduktion samtidigt med hög ånghalt i inneslutningen. Det vill säga tvärt emot slutsatsen i fenomenrapporten.

Slutsatsen i fenomenrapporten är att det är endast då inneslutningens fria gasvolym har reducerats med mer än 1500 m³ som dess integritet kan hotas av en vätgasdeflagration. I detta fall kan trycket komma att överstiga 11 bar. Sannolikheten för detta har ej beräknats. Maximala volymreduktionen innan tankgenomsmältning är 720m³.

Kommentar:

Att volymreduktionen blir max 720 m³ bygger på ett antagande att tankgenomsmältning sker så snabbt att man bara hinner pumpa in vatten med 322 oberoende i 2 timmar. I det fall båda kretsarna i 322 oberoende använd eller om tankgenomsmältning sker senare kommer mera vatten att hinna pumpas in i reaktorinneslutningen innan tankgenomsmältning. I analysen har även antagits att om vätgasbrand inträffar så sker det i samband med tankgenomsmältning.

Sannolikheten för att inneslutningens integritet skall förloras på grund av vätgasdetonation har beräknats till mindre än en gång på 50 miljoner år.

Beskrivning i huvudrapporten (kapitel 4.1)

I huvudrapporten ges en beskrivning av fenomenet vätgasbrand (deflagration och detonation). Beskrivningen av fenomenet är dock inte av samma höga klass som motsvarande i fenomenrapporten.

Vidare anges att sannolikheten för vätgasdetonation är så liten att fenomenet inte tagits med i sannolikhetsdelen av studien.

Kommentar:

Även om sannolikheten för detonation är mycket liten, så kan den ha ett visst bidrag till den totala sannolikheten eftersom alla händelser som medför bortfall av inneslutningens integritet har en låg sannolikhet att inträffa.

Generell kommentar:

Sannolikheten för att vätgasdeflagration skall skada inneslutningen borde kvantifieras. Svårt att tro att denna sannolikhet är noll eller ens mindre än en gång på 50 miljoner reaktorår.

Följande händelsesekvens har t.ex. inte analyserats. Vid ett svårt haveri vattenfylls inneslutningen. Då inneslutningen har vattenfyllts till en nivå som motsvarar härdens övre kant stoppas vatteninpumpningen. Trycket börjar då stiga i inneslutningen. Så småningom nås det tryck då system 362 aktiveras. Trycket sjunker snabbt i inneslutningen då all gas strömmar ut via system 362. För att reaktorns resteffekt skall kunna avbördas från inneslutningen börjar trycket i inneslutningen att stiga. På grund av radiolys av vatten bildas vätgas och syrgas. Eftersom det inte finns någon annan gas i inneslutningen än den

vätgas och syrgas som genereras på grund av radiolysen, föreligger hela tiden en stökiometrisk gasblandning, d.v.s. den ur brandsynpunkt sämsta blandningen. Efter ett par dygn är trycket i inneslutningen omkring 4-5 bar. Atmosfären i inneslutningen utgörs väsentligen av ånga.

5.2.4.2 Ångexplosion

I fenomenrapporten behandlas fenomenet ångexplosioner på ca hundra sidor. Oskarshamn 3 behandlas på ca två sidor; den första (Abstract) och den sista (Summary). Slutsatsen är att varken ångexplosioner i reaktortanken eller i inneslutningen kan medföra att inneslutningens integritet förloras. De enda komponenter som kan skadas till följd av ångexplosioner och som i någon utsträckning utgör en del av inneslutningens integritet är skydden av genomföringarna i nedre primärutrymmet. Detta bedöms inte påverka inneslutningens integritet eftersom härdresterna är väl kyllda.

Kommentar:

Vad är säkerhetsuppgiften för dessa skydd. Är det inte just att skydda genomföringarna så att inte varma härdrester skall komma i direkt kontakt med genomföringarna. Man var rädd att härdrester som kom i direkt kontakt med genomföringarna inte i alla lägen skulle vara kylbara. Se slutsatserna under ”Genomsmältning av genomföringar i nedre drywell”.

Beskrivning i huvudrapporten (kapitel 4.2)

I huvudrapporten anges att ånggenereringen i Oskarshamn3 inte är tillräcklig för att inneslutningen skall hotas. Tryckökningen är marginell. I huvudrapporten behandlas dock inte frågan om eventuella skador på skydden av genomföringar i nedre primärutrymmet.

Enligt huvudrapporten har det inte verifierats att slussdörren i nedre primärutrymmet klarar de dynamiska laster som den utsätts för vid en ångexplosion 7.5 m ner i vattnet. Skälet till detta är att fenomenet ångexplosioner är mycket osannolikt vid svåra reaktorhaverier och beräkningar på slussen bedöms inte medföra ökad säkerhet för Oskarshamn 3 i förhållande till de resurser som krävs för att utföra analysen.

Kommentar

Huruvida ångexplosioner är mycket osannolikt framgår inte av slutsatserna i fenomenrapporten. Det anges att ångexplosioner som kan äventyra inneslutningens integritet är mycket osannolika. Mot bakgrund av de allvarliga konsekvenserna av en ångexplosion som skadar slussen till nedre primärutrymmet borde sannolikheten för detta analyseras. Motivet till att inte göra detta är mycket svagt och borde inte höra hemma i denna typ av rapport.

5.2.4.3 Återkriticitet

I huvudrapporten sammanfattas de viktigaste resultaten i fenomenrapporten som behandlar återkriticitet väl. Det som dock inte påpekas är att inom fenomenrapportens ram har ej ingått att bedöma om återkriticitet kan medföra att inneslutningens integritet förloras, än mindre att bedöma sannolikheten för detta. I huvudrapporten görs inte heller någon sådan bedömning. I huvudrapporten påpekas ”I denna studie har återkriticitet inte beaktats särskilt vid sannolikhetsberäkningar utan det har antagits att inga fall som leder till härdskada kan räddas.”

Kommentar:

Detta påpekande gäller PSA nivå 1 och inte nivå 2. Varför har denna rapport tagits fram inom nivå 2-studien? Den har mycket liten koppling till nivå 2-studien. I de fall det finns en koppling till nivå 2 har den exkluderats ur rapporten. Den enda slutsats som är av intresse för nivå 2-studien är att återkriticitet inte kan uppstå i härdrester som befinner sig på botten av reaktorinneslutningen.

5.2.4.4 Genomsmältning av genomföringar i nedre drywell

Slutsatsen i fenomenrapporten och huvudrapporten är att skydden är tillräckliga för att skydda genomföringarna, om det finns vatten tillgängligt i nedre primärutrymmet. Enligt fenomenrapporten är under dessa förhållanden sannolikheten för genomsmältning av genomföringarna noll. En intressant slutsats som dras i huvudrapporten är att om smälta kommer i kontakt med en genomföring utan genomföringsskydd så kommer troligen genomföringen att smälta sönder.

Kommentar:

I fenomenrapporten om ångexplosioner anges att genomföringarna inte skulle skadas även om genomföringsskydden skadas.

5.2.4.5 Direct Containment Heating

Slutsatsen är att DCH inte medför förlust av inneslutningens integritet, varför detta fenomen ej behandlas som tänkbar felmod i nivå 2-analysen.

Kommentar:

Detta är förmodligen ett helt korrekt påpekande under förutsättning att PS-funktionen är intakt. Vad är sannolikheten för att inneslutningens integritet går förlorad om ett läckage motsvarande arean på ett nedblåsningsrör skulle föreligga i samband med tankgenomsmältningen?

5.2.4.6 Rotation av reaktortanken, som leder till att genomföringar i reaktorinneslutningen dras sönder.

Inga kommentarer.

5.2.5 Deterministiska beräkningar (MAAP-analyser)

MAAP är det program som normalt använd för denna typ av analyser. Någon granskning av MAAP-programmet har därför ej genomförts. Någon granskning av att modelleringen av Oskarshamn 3 i MAAP har ej heller utförts. Huruvida någon oberoende granskning har utförts inom OKG framgår ej av redovisningen. Detta borde ha varit ett krav med tanke på följande skrivning i huvudrapporten: ”För att MAAP ska kunna simulera olika haveriscenarion som postuleras ske i Oskarshamn 3 måste programmet veta exakt hur kraftverket ser ut.”

Kommentar till Kapitel 6 ”Utförda analyser med haverianalysprogrammet MAAP 4”

Beräkningsresultaten (avsnitt 6.1) visar att genomsmältning av golvet i nedre drywell undviks genom vattenfyllning med system 322 Oberoende, utan krav på att system 358 ska fungera

Kommentar:

Vid vilken tidpunkt antar man att vattenfyllning med system 322 oberoende

påbörjas? Konstruktionsförutsättningarna för de konsekvenslindrande systemen var att inga manuella åtgärder skulle behöva vidtagas under de första 8 timmarna efter primärhändelsen. Naturligtvis behöver dessa krav inte tillämpas i PSA-analysen. Det är dock långt ifrån självklart att alltid pumpa in extra vatten till inneslutningen. Vid trycksatt reaktortank är det normalt fel att pumpa in extra vatten då det kan påverka den fria gasvolymen i wetwell, vilket i sin tur medför högre tryck vid LOCA. Finns det redovisat i ÖSI att starta 322-oberoende om 358 felfungerar (alltså redan inom en timme)?

Normal funktion av system 361 och 362 medför att inneslutningen ej övertrycks.

Kommentar:

Då det gäller system 361 förutsätter detta att läckaget genom mellanbjälklaget inte är större än vad som motsvarar arean på ett nedblåsningsrör och då det gäller system 362 måste reaktorn vara underkritisk.

I avsnitt 6.3 redovisas en känslighetsanalys med MAAP. Samtliga 3 fall borde snarare ha ingått i en känslighetsanalys i nivå 1-studien än i nivå 2-studien. I samtliga fall behandlas härdens kylbarhet och inte i något fall reaktorinneslutningens integritet.

5.2.6 Källtermer och riskberäkning

Förfarandet vid riskberäkningen är inte helt genomskinligt. Normalt baseras den på en karakterisering av CET:s sluttillstånd i utsläppskategorier som beskrivs av dels när de inträffar, dels utsläppsvägen. I O3 PSA verkar det som om endast aktivitetens väg ut modelleras, medan information om tid för utsläppet saknas:

- f filtrerat utsläpp via 362
- o utsläpp via övertryckt inneslutning
- p utsläpp via genomföringar i nedre DW
- d utsläpp via 361
- b utsläpp via bypass (Y-LOCA)

Det framgår ej explicit hur källtermer bestämts.

5.2.7 Kvantifiering och resultatpresentation

Presentationen och diskussionen av resultat är begränsad till omfattningen och inte helt lättbegriplig. Det framgår ej hur kvantifieringen gjorts, varken med avseende på grundfrekvenserna (tabell 8.2) för olika utsläppskategorier eller för så kallat riskindex (tabell 9.1). Följande kommentarer kan ges:

- Resultatpresentationen är generellt i starkt behov av utökning och förtydligande. Det är i nuvarande version av analysen mycket svårt att förstå vad som gjorts!
- Av tabell 8.2 verkar det som om HSxI och HSxL har behandlats på exakt samma sätt som grundfallen, HSx. Om så är fallet borde kategorierna ej ha införts. Om någon skillnad finns med avseende på kvantifiering måste den beskrivas.
- Känslighetsanalyser saknas, inte minst med avseende på inverkan från styrande randvillkor

- Tabell 9.1. är obegriplig - enheten i de risker som jämförs är ”kg utsläpp per tidsenhet”, vilket medför att filtrerade utsläpp starkt dominerar risken. Det är väl ändå inte detta som är analysens viktigaste slutsats.
 - Endast 0.2% av alla HS leder till stora utsläpp (1 av 500 HS). Detta resultat är en följd av ett antal mycket viktiga direkta eller indirekta randvillkor för analysen:
 - Inga skador på inneslutningen före inledande händelse
 - Inga skador på inneslutningen i samband med inledande händelse
 - Lugnt förlopp under härdsmlta
 - Lugnt förlopp i samband med genomsmältning av reaktortanken
- Baserat på de motiveringar som ges i analysen (normalt ingen alls) är det inte självklart att dessa randvillkor är rimliga.
- Alla system antas före, under och efter missödet fungera på ett ”nivå 1-mässigt” sätt.
 - Inneslutningen antas definitionsmässigt fungera enligt konstruktionsförutsättningarna. Endast två felmoder har modellerats:
 - Genomsmältning av genomföringar i nedre DW
 - Övertryckning vid fel i konsekvenslindrande system

I tabell 5-2 redovisas tabell 8.2 på ett Excelblad. I denna bilaga redovisas även sannolikheten för det totala utsläppet via olika utsläppsvägar samt sannolikheten för utsläpp på grund av yttre oisolerat rörbrott. Genom denna summering och presentation kan man enkelt beräkna de slutsatser som redovisas i kapitel 8, dvs att 84% av de händelser som i PSA nivå 1 ansågs leda till härdsador inte medför några utsläpp och givet härdskada från PSA nivå 1 kommer endast 0,04% av händelsesekvenserna att resultera i ofiltrerat utsläpp.

I tabell 5-3 redovisas motsvarande data som i tabell 5-2 med förutsättningen att de händelser som ingår i ÖT 2 och som enligt vår bedömning borde ingå i nivå 1-studien har exkluderats. Resultatet av denna studie är att 78% av de händelser som medför härdsador även medför utsläpp till omgivningen. Givet härdsador kommer 0.2% av händelserna att medföra ofiltrerat utsläpp.

Sannolikheten för ofiltrerat utsläpp blir i båda fallen $1,33E-7$ /år. Presentationen av resultatet ger dock en missvisande bild av hur bra de konsekvenslindrande systemen är.

Tabell 5-2 O3 PSA nivå 2 - resultat enligt huvudrapporten (tabell 8.2)

Utsläppsväg	HS1	HS2	HS2L	HS2I	HS3	HS3L	HS3I	ÖT2	Y	Summa [år]	Summa %
Inget utsläpp. Ingen härdsmälta inträffar	-	-	-	-	1.16E-05	2.29E-06	6.42E-07	2.51E-04	-	2.66E-04	83.72%
Summa haverihantering										2.66E-04	83.72%
Filtrerat utsläpp (f)	5.42E-06	3.48E-05	1.53E-06	8.04E-06	1.29E-06	2.55E-07	7.15E-08	1.11E-07	-	5.15E-05	16.24%
Summa filtrerade utsläpp										5.15E-05	16.24%
Läckage (l)	-	-	-	-	-	-	-	-	3.60E-08	3.60E-08	0.01%
Övertryckning (o)	1.92E-08	1.23E-08	5.43E-10	2.86E-09	4.58E-09	9.05E-10	2.53E-10	3.96E-11	-	4.07E-08	0.01%
361-öppning (d)	3.27E-14	2.10E-14	9.23E-16	6.86E-17	7.78E-15	1.54E-15	4.31E-16	6.73E-17	-	6.45E-14	0.00%
Utsläpp via genomföringar (p)	2.63E-08	1.69E-08	7.42E-10	5.35E-10	6.25E-09	1.24E-09	3.46E-10	5.35E-10	-	5.55E-08	0.02%
Summa ofiltrerade utsläpp										1.32E-07	0.04%
Summa totalt	5.47E-06	3.48E-05	1.53E-06	8.04E-06	1.29E-05	2.55E-06	7.14E-07	2.51E-04	3.60E-08	3.17E-04	100.00%

Tabell 5-3 O3 PSA nivå 2 - resultat med reviderad ÖT2-modellering

Utsläppsväg	HS1	HS2	HS2L	HS2I	HS3	HS3L	HS3I	ÖT2	Y	Summa [år]	Summa %
Inget utsläpp. Ingen härdsmälta inträffar	-	-	-	-	1.16E-05	2.29E-06	6.42E-07	-	-	1.45E-05	21.96%
Summa haverihantering										1.45E-05	21.96%
Filtrerat utsläpp (f)	5.42E-06	3.48E-05	1.53E-06	8.04E-06	1.29E-06	2.55E-07	7.15E-08	1.11E-07	-	5.15E-05	77.84%
Summa filtrerade utsläpp										5.15E-05	77.84%
Läckage (l)	-	-	-	-	-	-	-	-	3.60E-08	3.60E-08	0.05%
Övertryckning (o)	1.92E-08	1.23E-08	5.43E-10	2.86E-09	4.58E-09	9.05E-10	2.53E-10	3.96E-11	-	4.07E-08	0.06%
361-öppning (d)	3.27E-14	2.10E-14	9.23E-16	6.86E-17	7.78E-15	1.54E-15	4.31E-16	6.73E-17	-	6.45E-14	0.00%
Utsläpp via genomföringar (p)	2.63E-08	1.69E-08	7.42E-10	5.35E-10	6.25E-09	1.24E-09	3.46E-10	5.35E-10	-	5.55E-08	0.08%
Summa ofiltrerade utsläpp										1.32E-07	0.20%
Summa totalt	5.47E-06	3.48E-05	1.53E-06	8.04E-06	1.29E-05	2.55E-06	7.14E-07	1.12E-07	3.60E-08	6.62E-05	100.00%

6 Referenser

1. OKG AB, Oskarshamn 3 PSA, 1/A3/0001, preliminär version (revision 1), april 1997
2. OKG AB, Oskarshamn 3 PSA, 1/A3/0001, slutlig version (revision 2), augusti 1998
3. IAEA, Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plants (Level 2), IAEA Safety Series 50-P-8, 1995
4. Alm, S-E och Thedéen, T., Prediktering av frekvens för inledande händelser, KTH, Centrum för säkerhetsforskning, juli 1996, (OKG-rapport 96-07469)
5. Kahlbom, U., Relcons HRA-metodik för PSA-analyser, RELCON-97110/001
6. OKG AB, Oskarshamn 1 PSA, appendix C (HRA-analys), 1/A3/0004.42, rev 2
7. SKI, Granskning av PSA O1 revision 2, SKI/RA 13/95
8. SKI, Summering av granskningar av PSA O1, SKI/RA 22/95
9. Mankamo, T., CCF Analysis of Hydraulic Scram and Control Rod Systems in the Swedish and Finnish BWR Plants, SKI Report 96:77
10. Hollnagel, E., Manual Interventions in Oscarshamn 1 PSA 94, SKI Report 95:5

7 Bilaga 1 Skillnader mellan revision 1 och 2 av O3 PSA

Avsnitt #	Rubrik	Kommentar
S	Sammanfattningsrapport	Huvudsakligen samma, ny beskrivning av resultat
0	Inledning till PSA-O3 rev 2	Nytt avsnitt. Bra beskrivning av uppdatering rev 2. Bra beskrivning av granskning av projektet (bättre än i rev 1)
1	Introduktion	Anpassat till rev 2. Små förändringar.
2	Metodbeskrivning	Anpassat till rev 2. Avsnitt om riskuppföljning struket. Vissa övriga ändringar/utvecklingar..
3	Inledande händelser	I princip samma innehåll, men avsevärt nedkortat
4.1	Händelseträdsanalys - inledning	I princip oförändrat (vissa kompletteringar) Systemkrav 314 sid 15: Vid två eller fler icke återstängande 314-ventiler behövs ej TB för att 323 skall kunna kyla härden.
4.2-4.39	HTA för olika inlednade händelser	I princip oförändrat (vissa kompletteringar) Genomgången stickprovsvis - marginella skillnader mot rev 2. HTA för vissa el-CCI har utgått
5.1	Introduktion till systemanalysen	I princip oförändrat (vissa kompletteringar)
5.2	Resultatsammanställning funktionsanalyser	Bättre dokumenterat. Skillnader marginella (< 10%) för flertalet funktioner. Större skillnader fås för vissa inledande händelser (generaliserat): <ul style="list-style-type: none"> • Transienter: W1 - rev1*0.014 W2 - rev1*1.9 • El-CCI & Process-CCI W1 - rev1*0.014 W2 - rev1*1.9 • AT div (bilaga 4) V - rev1*2.2 W1 - rev1*0.4 • S1 div (bilaga 5) W1 - rev1*0.4 • S1 div (bilaga 5) W1 - rev1*0.014 • S2.2 div (bilaga 5) W1 - rev1*0.014
5.3- 5.55	Systemanalyser	I princip oförändrat (vissa kompletteringar) Genomgången stickprovsvis - marginella skillnader mot rev 2.
6.1	Introduktion till analys av diversifiering, separation och beroenden	I princip oförändrat (vissa kompletteringar)

Avsnitt #	Rubrik	Kommentar
6.2	Analys av funktionella beroenden	Fullständig revidering Rev 1: Systemvisa tabeller som visar aktiva objekts beroende av kraftmatning, pneumatik, kylning och rumskylning Rev 2: Omarbetet så att beroenden nu presenteras för varje hjälpsystem, t.ex. genom att grafiskt visa objekt som beror av 641Wx1 eller av system 723 i en figur. → Mycket bra och överskådligt!
6.3	Redundans	I princip oförändrat
6.4	Beskrivning av generella CCI	I princip oförändrat. Tidigare antogs dessa CCI resultera i TSxD, men kvantifierades av praktiska skäl som Tf. Denna förenkling finns ej kvar, d.v.s kvantifierat som TSxD.
6.3	CCI i processkontroll	I princip oförändrat (vissa kompletteringar)
6.6	Analys av CCI i vital elförsörjning	Fullständig revidering Rev 1: Lista över inkluderade skenor Rev 2: Fördjupad diskussion samt genomgång av varje skena m.a.p. om den kan medföra transient, samt hur den modelleras i O3 PSA. → Bra ansats!
6.7	Brand	I princip oförändrat (vissa kompletteringar) Antagen frekvens för brandspridning (1E-5) bättre otiverad än tidigare.
6.8	Översvämning	I princip oförändrat (vissa kompletteringar)
6.9	Övriga rumshändelser och dynamiska effekter LOCA	Ej uppdaterad
6.10	Interfacing LOCA	I princip oförändrat
6.11	Yttre brott	I princip oförändrat (vissa kompletteringar). Yttre brott 311 analyseras endast för brott i en ångledning i anslutning till skalventiler. I rev 1 analyserades även brott i turbinanläggningen.
6.12	Signalmodellering	I princip oförändrat
6.13	Övriga yttre händelser	I princip oförändrat. Slutsatsen skiljer sig dock. I Rev 1 rekommenderas fortsatt kunskapsuppbyggnad inom områdena: <ul style="list-style-type: none"> • Störtande flygplan • Hög sommartemperatur • Jordbävning • Vindpåverkan I rev 2 saknas störtande flygplan (motivering finns) och jordbävning (ingen motivering)
7	Resultatsammanställning	I princip oförändrat (anpassning till uppdaterade resultat). Utökning av redovisning av känslighetsanalyser.
App A1	Anläggningsbeskrivning	Ej uppdaterad
App A2	Ingående system	Ej uppdaterad
App B	Sekvensanalys	Till största delen oförändrat. Nytt fall beräknat ”rörbrott +1.8 möh med en krets i 327 tillgänglig”. Resultatet av analysen visar att härskada ej kan undvikas i detta fall.

Avsnitt #	Rubrik	Kommentar
App C	Operatörsingrepp	Till största delen oförändrat. OKG:s interna granskningskommentarer har dock inarbetats. Viktfaktor för ”uppgiftens komplexitet” är ändrad från 2 till 1.
App D1	Systemanalysformat	Ej uppdaterad
App D2	Beteckningssystem	Ej uppdaterad
App E1	Presentation av typbashändelser	Ej uppdaterad
App E2	Frekvenser för inledande händelser	Ej uppdaterad Borde ha uppdaterats med tanke på att data för inledande händelser (transienter och el-CCI) uppdaterats.
App E3	Rörbrottsfrekvenser	Ej uppdaterad
App E4	Data för test, reparation och underhåll	Till största delen oförändrat. Uppdaterat m.a.p. ny behandling av subavställning, som fått en tämligen detaljerad beskrivning
App F1	Känslighetsanalys	Kompletterat med två nya fall: <ul style="list-style-type: none"> • H-rumskylning (utan behov av H-rumskylning) • Yttre nät (sannolikhet för sekundärt bortfall vid transient) CCF-fallet har ändrats. Tidigare gjordes en halvering av alfafaktorerna i CCF-modellen, medan man nu helt stryker CCF-bashändelser. Ett fall har strukits - resultatredovisning för bashändelsegrupper (enskilda system, MTO, CCF...).
App F2	Osäkerhetsanalys	Ej uppdaterad
App G	Projektstyrning	Uppdaterad för PSA O3 fas 2.

8 Bilaga 2 Kommentarer till PSA O3 nivå 1 (Utskrift från databas)

9 Bilaga 3 Kommentarer till PSA O3 nivå 2

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
1.	5.1	39	Trots att det inte finns några uttalade inskränkningar i O3 PSA nivå 2, så finns en avsevärd skillnad i ambitionsnivå i jämförelse med nivå 1 PSA. Detta gäller både analysens omfattning och projektuppläggnings. Skillnaden i ambitionsnivå medför en oklarhet om nivå 2 PSA:s ställning och relevans i förhållande till PSA nivå 1.	Amtionsnivån har varit samma för nivå 1 och nivå 2. Det är naturligt att nivå 1 studier upplevs som mera detaljerade då det är i dessa studier som systemen analyseras och felsannolikhetsiffror beräknas. Felsannolikhetsiffrorna framtagna i nivå 1 studien har använts i nivå 2 studiens kvantifiering för att bestämma sannolikheten för de olika sluttillstånden. Vad menas, vad är oklart?	Med ”ambitionsnivå” avses inte studiernas detaljningsnivå. Framgår av granskningskommentarerna i sin helhet.
2.	5.1	39	I grunden för genomförandet av O3 PSA nivå 2 ligger en redan genomförd nivå 2-analys för Forsmark 3, som har anpassats till förhållandena vid Oskarshamn 3. Detta faktum finns, såvitt vi kunnat se, inte alls omnämnt i dokumentationen. En motivering och beskrivning av valt arbetssätt borde ingå.	Felaktigt påstående . Ingen anpassning har skett, studien baseras inte på F3s studie.	Kommentaren säger inte att O3 PSA är en ren anpassning av F3 PSA, utan att denna ingår i förhistorien, att studierna inte är orelaterade och att någon kommentar till detta kunde förväntas i O3 PSA.
3.	5.1.2	39	Det finns problem med den överordnade projektorganisationen. I alltför hög grad ger redovisade analyser ett intryck av att hänga i luften. Detta beror både på en otillräcklig integration av dokumentationen och på att motiven och bakgrunden till att vissa analyser genomförs och andra ej är otillräckligt redovisade.	Hur genomförda analyser samverkar kommer att belysas mer i nästa revision. Resultatet från genomförda analyser har implementerats i analysprogrammet i den mån de har inverkan på haveriförloppet.	OK – viktig punkt i nästa uppdatering.

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
4.	5.1.2	39	Det är värt att notera att RELCON AB, som gjort större delen av PSA nivå 1 inte alls verkar ha varit inblandade i nivå 2-studien, varken i integrationen av nivå 1 och nivå 2 eller som granskare.	Då RELCON inte har kunskaper om hur haveriförlopp går till bedöms de inte kunna bidra.. De anlidade konsultbolagen Fauske and Ass. Samt Agrenius konsult har mångårig erfarenhet av nivå 2 studier samt har medverkat och utfört prov/experiment i syfte att förstå de fenomen som är aktuella vid ett svårt haveri. RELCON AB har vidare ej heller gjort ” större delen av PSA nivå 1”, de har gjort arbete med modellen för PSA nivå 1. Större delen av nivå-1 arbetet har utförts av OKG personal. Alla sannolikhetsberäkningar som utnyttjas i nivå 2 har utförts av OKGs PSA-ansvarige för O3.	OKG:s besvarar inte kommentaren – det är inte fenomen- och haverianalyser den handlar om, utan integrationen mellan PSA nivå 1 och 2. Det är här som Relcom AB <i>eller andra med ingående kunskap om nivå 1-modellen</i> hade kunnat vara värdefulla som granskare eller som delaktiga i integrationen.
5.	5.1.2	40	<p>Det råder generellt oklarhet om hur granskning av projektet och dess delanalyser skett. 1. Viss korsvis granskning verkar ha skett (d.v.s. olika inblandade har granskat varandras rapporter), men ej dokumenterats.</p> <p>2. OKG/S har granskat slutsatser (d.v.s. huvudrapport) men inget annat underlag.</p> <p>3. Genomgående verkar det som om granskningar inte har dokumenterats, vilket formellt sett ger dem ringa relevans.</p> <p>4. De kanske allvarligaste bristerna inom detta område är att samordningen med nivå 1 PSA ej har granskats, samt att ingen externa granskning verkar vara gjord.</p>	Genomförda granskningar följer de rutiner som gäller för ett arbete i OKGs linjeorganisation dvs PSA O3 nivå 2 har ej genomförts som ett projekt.	Svaret täcker inte hela kommentaren.
6.	5.1.3	40	I huvudrapporten anges i kapitel 2 ”...att syftet och målet med studien är att kontrollera reaktorinneslutningens tålighet och de konsekvenslindrande systemens funktion vid svåra haverier som medför härdskada. Detta görs genom att bestämma sannolikheten för utsläpp till omgivningen som är större än vad som är tillåtet vid normal effekt drift.” . Detta senare är ett mycket ambitiöst syfte, men överensstämmer inte med vad som normalt avses med en nivå 2-studie. Den genomförda studien har ej heller genomförts i enlighet med detta syfte. Om man skulle bestämma sannolikheten för utsläpp till omgivningen som är större än vad som är tillåtet under normaldrift, skulle detta innefatta samtliga störningar i händelseklass H3, H4 och H5. I dessa händelseklasser accepteras betydligt större utsläpp än under normaldrift. Utsläppet till omgivningen blir då större än under normaldrift även om inneslutningen uppfyller ställda täthetskrav. Den första målsättningen är å andra sidan för låg. Funktionen hos de konsekvenslindrande systemen bör ha varit känd och analyserad i samband med att de infördes. Deras funktion var ju ett direkt krav enligt regeringens brev daterat 27 februari 1986 och en förutsättning för att driften fick fortsätta efter den 1 januari 1989.	Texten i huvudrapporten angående syftet med studien förtydligas i nästa revision av rapporten	OK

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
7.	5.1.3	40	Beskrivningen av analysens syfte är alltför begränsad. Man bör specificera syftet och målet i ett antal punkter. Dessa punkter skall vara så klara att de är en vägledning för studiens genomförande och så att man efter arbetet slut kan kontrollera att syftet och målet med studien är uppfyllt.		
8.	5.1.4	40	Pärmarna ingår formellt i en samlad dokumentation för O3 PSA, inkluderande även PSA nivå 1. I praktiken lever dock nivå 2-studien sitt eget liv, nästan helt oberoende av nivå 1 PSA, som betecknande nog i alla referenser fått beteckningen ”O3 PSA”.		
9.	5.1.4	41	Inom nivå 2-dokumentationen finns problem som i praktiken gör det mycket svårt för någon som inte varit direkt inblandad i analysens framtagande att förstå och användas studien och dess resultat. Ingående analyser är dåligt integrerade i studien. Rapporterna är i princip fristående, och den enda kopplingen finns via den summerande huvudrapporten. Rapporterna finns visserligen samtliga summerade och refererade i huvudrapporten, men de summeringar som ingår är i många fall för kortfattade och fragmentariska för att vara fullt begripliga och innehåller dessutom en del felaktigheter relativt refererade rapporter. Detta gäller t.ex. integration av FAI:s fenomenrapporter, där vissa slutsatser utelämnats eller ej beskrivits korrekt.	Beskrivningarna i huvudrapporten av gjorda analyser utökas och ev. fel rättas till vid nästa revision av rapporten.	OK – viktig punkt.
10.	5.1.4	41	Motiveringar till valda begränsningar och urval saknas ofta. Detta gör det mycket svårt för en utomstående granskare att bedöma relevansen i studiens innehåll och resultat. Vad är t ex kriterierna för vilka händelsesekvenser som analyseras och redovisas i rapporten och de som inte gör det?	Förtydligas i nästa revision av rapporten.	OK – viktig punkt.
11.	5.2.1	42	Analysens uppläggning och resultat styrs i praktiken helt av ett antal outtalade randvillkor. Vissa är tämligen uppenbara för en granskare, andra är (i bästa fall) kända för analysgruppen själv. Att analysen saknar en sammanställning och värdering av styrande randvillkor och begränsningar är en allvarlig brist. <ol style="list-style-type: none"> 1. En sådan listning bör presenteras i varje större delanalys; dessutom bör de viktigaste punkterna även presenteras i huvudrapporten. 2. I fall där möjlig resultatpåverkan är stor, bör randvillkoren även värderas. 3. Den gemensamma listan utgör därför en självklar utgångspunkt för känslighetsanalyser. 	Beskrivning av randvillkor/ begränsningar infogas i nästa revision av rapporten.	OK – viktig punkt.

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
12.	5.2.1	42	<p>Vad gäller analysens fullständighet, förs det ingen diskussion av detta i O3 PSA nivå 2. Detta är något som bör beröras, och kan inte vara oberoende av omfattningen av PSA nivå 1. Detta gäller t.ex. följande punkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> Inledande händelser Sällsynta inledande händelser som i nivå 1-sammanhang är av mindre intresse kan i nivå 2 ge betydande riskbidrag. Detta gäller till exempel reaktortankbrott. Analys av rumshändelser (brand och översvämning inom anläggningen) Detta ingår formellt i PSA nivå 1, men utesluts ur nivå 2 utan kommentar. Övriga yttre händelser (utöver rumshändelser) Dessa har ofta låg frekvens, men kan vara av intresse om de har potential att primärt skada inneslutningen. Eftersom PSA nivå 1 innehåller en genomgång av övriga yttre händelser krävs någon form av kommentar även i PSA nivå 2. 	<ul style="list-style-type: none"> Inledande händelser som t ex reaktortankbrott finns ej med i nivå 1 studien. Om metodik finns tillgänglig för rumshändelser och yttre händelser kommer dessa att infogas successivt i analyserna. 	I kommentaren efterfrågas en diskussion kring studiens fullständighet.
13.	5.2.2 .1	43	<p>Beskrivningen av kopplingen mellan nivå 1 och nivå 2 PSA är viktig. En sådan beskrivning bör tas fram på ett tidigt stadium i PSA-projektet för att i nödvändig utveckling styra genomförandet av båda analyserna och få till stånd ett korrekt gränssnitt mellan dem. En beskrivning av kopplingen mellan O3 PSA nivå 1 och nivå 2 saknas i båda dessa analyser. Detta är i sig en brist eftersom det påverkar analysens begriplighet. I förlängningen bedöms dock även analysens relevans och fullständighet ha påverkats.</p>	Kopplingen till nivå 1 beskrivs i rapport OKG 97-05336.	Beskrivningen i refererad rapport är otillräcklig.
14.	5.2.2 .1	43	<p>Systemanalyserna i PSA nivå 1 och nivå 2 skall vara konsistenta, d.v.s. likartade med avseende på allmän modelleringsfilosofi, detaljeringsgrad m.m. Det framgår ej ur O3 PSA nivå 2 om detta är uppfyllt. Inom PSA nivå 1 redovisas systemanalyser för system 361, 362 och 322O. Analys saknas dock av system 358, system för vattenfyllning av nedre DW, även detta borde redovisas i nivå 1 kap 5 (systemanalys).</p>	Samma systemmodeller har använts, tillgänglighetssiffrorna för systemen är beräknade av nivå 1.	Svaret täcker inte in hela kommentaren.
15.	5.2.2 .1	43	<p>Den analys av operatörsingrepp som redovisas i appendix C till O3 PSA nivå 1 antas gälla även för nivå 2. Detta är rimligt, eftersom det är av stor vikt att manuella ingrepp behandlas på ett konsistent sätt i O3 PSA. Den redovisade analysen är dock helt inriktad på nivå 1-analysens behov. I den mån nivå 2-relaterade ingrepp har analyserats så beror detta på att de krediterats i nivå 1-analysen. Detta innebär att ingen samordning och iteration skett med nivå 2-analysen. Vidare saknas vissa viktiga nivå 2-ingrepp. I andra fall är analysen alldeles för grov med tanke på ingreppets betydelse i nivå 2 PSA. Som ett exempel borde inkoppling av 322O ha analyserats i detalj i HRA, eventuellt ett par fall med olika tillgänglig tid för inkoppling.</p>	Använda sannolikheter för manuella åtgärder har hämtats från PSA nivå 1.	Svaret täcker inte in hela kommentaren.
16.	5.2.2 .1	44	<p>Data som används är nästan genomgående otillräckligt underbyggda. Detta gäller i första hand manuella ingrepp och systemotillgängligheter. Vissa summeringar görs, och resultat från systemkvantifieringar utnyttjas. I dessa fall ges vaga referenser till "O3 PSA", vilket gör det mycket svårt att kontrollera referensen.</p>	Referenser kommer att specificeras tydligare i nästa revision.	OK – viktig punkt

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
17.	5.2.2 .2	44	I en nivå 2 PSA står radioaktiva utsläpp i fokus, vilket innebär att det blir särskilt viktigt att identifiera och modellera snabba och våldsamma förlopp som i samband med en härskada även kan skada inneslutningen. Detta innebär att även inledande händelser som i en nivå 1 PSA betraktas som försumbara kan vara relevanta i nivå 2. Detta gäller exempelvis reaktortankbrott eller vissa typer av yttre händelser, som mycket väl kan ge ett dominerande bidrag till frekvensen för stora utsläpp. O3 PSA nivå 2 innehåller inga sådana överväganden, utan har utan kommentar övertagit de inledande händelser som modellerats i nivå 1 PSA. Detta är icke-konservativt och borde motiveras. Det saknas också ett systematiskt sökande efter inledande händelser som skulle kunna skada inneslutningen primärt (före eller i samband med HS).	Inga händelser har identifierats som ger ett riskbidrag.	Svaret otillräckligt. Om det är så att ”inga händelser har identifierats som ger ett riskbidrag” bör denna analys redovisas.
18.	5.2.2 .2	44	Definitionen av härskada är problematisk för flera kategorier: <ul style="list-style-type: none"> • HS1; definieras i nivå 1 PSA definierats konservativt, vilket i praktiken innebär att även lokala bränsleskador faller inom definitionen. En sådan definition är alltför konservativ i en nivå 2 PSA. • ÖT2; krav på 314 vid tryckavsäkring behöver differentieras. Dagens krav innebär normalt att en stor del av ÖT2 händelserna inte medför härskada. Även för de fall härskada inträffar måste det bestämmas vid vilken nivå (0, 1, 2... öppna ventiler) som inneslutningen riskerar att skadas. 	Definitionen av härskad för HS1, HS2 och HS3 har följt den definition som använts för nivå 1. För OT2 har antalet 314-ventiler som i nivå 1 resulterar i härskada reducerats då nivå 1s krav 11 av 16 ej resulterat i härskad.	Svaret otillräckligt – en diskussion borde föras i PSA nivå 2.
19.	5.2.2 .2	46	En uppdelning görs av HS2 och HS3 i tre fall, HSxI (Inneslutning luftfylld), HSxL (LOCA) och HSx (Transienter och CCI). Inga stationstillstånd utöver dessa definieras. HS2-HS2I-HS2L respektive HS3-HS3I-HS3L verkar dock behandlas på exakt samma sätt i CET och kvantifiering, vilket skulle innebära att man i praktiken har använt endast 5 stationstillstånd.		
20.	5.2.2 .2	46	De valda stationstillstånden beror enbart på orsaken till härskadan. Varför diskuteras inte om även andra parametrar kan påverka det fortsatta händelseförloppet t ex trycket i reaktortanken och tryck och vattennivå i inneslutningen i samband med tankgenomsmältningen?	Antalet tillstånd har bedömts tillräckligt för att modellera inneslutningen korrekt	Studien saknar en motivering av att modellerade stationstillstånd är nödvändiga och tillräckliga. I tabell 5-1 i huvudrapporten görs ett försök att karakterisera stationstillstånden med avseende på de parametrar de normalt skall täcka in. Det vore önskvärt om en sådan kartläggning kunde göras och redovisas i O3 PSA.

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
21.	5.2.2 .2	46	Frekvensen för de olika stationstillstånden har troligen erhållits ur kvantifieringen av nivå 1-modellen. Detta finns dock inte beskrivet, och det är i flera fall obegripligt hur man kommit fram till använda frekvenser.	Frekvenserna för stationstillstånden kommer från nivå 1 se referens OKG 97-05336.	Detta behöver beskrivas i O3 PSA.
22.	5.2.2 .2	47	Med avseende på använda stationstillstånd kan följande kommentarer ges: <ul style="list-style-type: none"> • ÖT2 borde ha analyserats ytterligare för att bestämma dynamiska effekter med inverkan på nivå 2 → risk för inneslutningsskada vid ÖT (d.v.s. före HS) • LOCA - saknas fall med läckage >0.3m² i mellanbjälklag. • YLOCA - Frekvensen inkluderar 0.1/b för utebliven isolering av inneslutningen, och 0.1/b för misslyckande med nedreglering av 323-flöde. Inga referenser ges för detta. För övriga sekvenser har man antagit sannolikheten 0 för utebliven isolering av inneslutningen. Med antaganden enligt ovan skulle resultatpåverkan bli betydande. 	<ul style="list-style-type: none"> • ÖT2 har behandlats, se OKG 97-05336 • LOCA-fall med läckage >0,3 m² kunde vid tidpunkten ej sorteras ut p g a begränsningar i nivå 1s beräkningsprogram, kommer att läggas till i nästa revision av analysen. 	
23.	5.2.2 .3	47	Genom att de booleska modellerna ej kopplats samman, finns det en brandvägg mellan nivå 1 och nivå 2-analyserna. Detta innebär att kvalitativ information tappas om följande: <ul style="list-style-type: none"> • funktionella beroenden av hjälpsystem • systemstatus från nivå 1 PSA, d.v.s. huruvida ett visst system har felat eller ej • kreditering av system, d.v.s. huruvida system dubbelkrediteras Konsekvensen är att beräkningen blir fel per definition för de sekvenser som involverar samma aktiva system på ömse sidor om brandväggen. Det finns i O3 PSA nivå 2 flera exempel på felräkningar av detta slag. Det viktigaste exemplet gäller system 322O och 362 som krediterats i nivå 1 PSA för resteffekt kylning, och som krediteras ytterligare en gång i nivå 2-analysen.	<ul style="list-style-type: none"> • Risken för att tappa ev funktionella beroenden är små då haverihanteringssystemen konstruerats just för att vara fria dessa. • Inga system har dubbelkrediterats. 	Eftersom detta potentiellt är en stor svaghet i analysen, borde problemet diskuteras i detalj. Dubbelkreditering har skett.
24.	5.2.2 .3	47	En konsekvens av den förenklade modellering som valts är att kvantifieringarna ej är gjorda i Risk Spectrum, utan verkar vara beräknade på ett kalkylblad. Detta borde givetvis både beskrivas och motiveras explicit.	Kommer att införas till nästa revision.	OK
25.	5.2.3 .1	48	Varför har fallet med att inneslutningens integritet (täthet) är nedsatt under drift, dvs innan härdskadorna sker, inte behandlats? Nedsatt integritet kan bero på t.ex. att inneslutningens täthet har degraderats sedan föregående täthetsprov. Jämför skadorna på tätplåten i Barsebäck och toroiden i Forsmark. En viss sannolikhet föreligger alltid att drift sker utan att inneslutningen är driftklar.		

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
26.	5.2.3 .1	48	<p>Varför har fallet med att inneslutningens integritet påverkas i samband med ett inre rörbrott inte behandlats? Inneslutningen kan skadas i samband med primärhändelsen eller innan härdskador uppstår. Detta kan inträffa bl.a. i följande fall:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vid LOCA finns viss sannolikhet för att skalventiler inte stänger. • Vid LOCA och läckande mellanbjälklag tryckavlastas inneslutningen via system 361. Vad är sannolikheten att skalventilerna i system 361 inte stänger efter 20 minuter? • Om läckaget genom mellanbjälklaget är större än vad som motsvarar arean på ett nedblåsningsrör befinner man sig utanför konstruktionsförutsättningarna för system 361. Vad händer med inneslutningen i detta fall? Vad är sannolikheten för detta? 		
27.	5.2.3 .2	-	<p>Varför har inget generellt CET tagits fram? Med hjälp av att koppla detta till samtliga inledande händelser kan man på ett enkelt sätt beräkna sannolikheten för ”alla” tänkbara händelsekombinationer givet de inledande händelserna. På detta sätt ser man också lätt vilka händelser som har så låg sannolikhet att inträffa att de enkelt kan avfärdas från den fortsatta analysen.</p>		
28.	5.2.3 .2	50	<p>Varför ingår inte frågan om inneslutningen kan motstå olika fenomen i CET? Ej modellerade fenomen är otillgängliga för en känslighetsanalys. I många fall kan det enbart av detta skäl finnas anledning att inkludera fenomenen, även om de har åsatts en försumbar sannolikhet.</p> <p>Om CET kompletteras med en generell förgreningspunkt P(fenomen), ”Inneslutningsskada p.g.a. fenomen under eller efter HS”, så skulle denna ge utsläpp inom kategorin (o). Även om sannolikheten för denna gren sätts till ett mycket lågt värde, t.ex. 0.001 (d.v.s. om det antas att en härdskada av tusen också medför att inneslutningen skadas) så fås ett dominerande bidrag till frekvensen för stora utsläpp, c:a 3 gånger högre än för nuvarande kategori (o).</p> <p>Med tanke på föregående punkt, måste ett rimligt krav på O3 PSA nivå 2 vara att man på ett övertygande sätt visar att bidraget är försumbart vid sidan av beaktade riskbidrag. Man måste alltså visa att $P(\text{fenomen}) \ll 0.001$, vilket man ej har gjort.</p>		
29.	5.2.3 .2	52	<p>Vad är kriterierna för att system 322 eller 322-oberoende kan ersätta utebliven 358-funktion?</p>		
30.	5.2.3 .2	52	<p>Är haverihanteringssystemen tillgodoräknade i både nivå 1 och nivå 2 studien? Om så är fallet, förklara varför detta har skett samt hur detta påverkar slutresultatet av nivå 2-studien.</p>		

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
31.	5.2.3 .2	53	<p>Följande frågor angående redovisningen av ÖT2 bör klarställas: Vad är funktionskravet för ÖT2? Rubriken i CET ” 4/5 314 valves” är felaktig. Funktionskravet i nivå 1 PSA är 11 av 16 ventiler, ej 5 av 16. Huruvida det rör sig om ett skrivfel eller en allvarigare missuppfattning framgår ej ur studien, texten indikerar dock att det senare ej kan uteslutas. Vid ÖT2 övergår händelsen i en liten LOCA. Några dynamiska effekter beaktas ej. Hur mycket måste tankbultarna förlängas för att tryckavlastning skall kunna ske via en spalt mellan reaktortanken och reaktortankkupolen vid utebliven tryckavlastning via system 314? Hur påverkas slutresultatet om ÖT2 enbart behandlas på motsvarande sätt som en liten LOCA? I sammanfattningen anges att med hjälp av de konsekvenslindrande systemen kan härdsmälta undvikas i 84% av de analyserade fallen. Omräkning av 314-behovet i nivå 2-studien är det som mest bidrar till dessa 84%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Förloppet för ÖT2 är har bedömts vara att skruvarna som håller tanklocket sträcks. Detta har ej bedömts påverka inneslutningen. • Funktionskravet 11 av 16 för 314 resulterade inte i härdskada varför kravet gjordes om, detta förfarande är vedertaget. I den uppdaterade nivå 1 studien har funktionskravet för 314 sänkts till 1 av 16. 	
32.	5.2.4	55	<p>I studien har sex olika haverifenomen studerats. Följande generella kommentarer till analysen kan ges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Varför har just dessa sex fenomen analyserats? • Det saknas en överordnad fenomenrapport som beskriver möjliga fenomen, och motiverar varför vissa skall analyseras vidare och andra ej. • Intrycket blir att analysen mycket väl kan sakna potentiellt relevanta fenomen. Varför har t.ex. inte global tankgenomsältning och härdens kylbarhet i nedre primärutrymmet studerats? • Analyserade fenomen har bedömts ha mycket liten sannolikhet att skada inneslutningen. Med detta som motiv har endast ett fenomen (Genomsältning av genomföringar i nedre drywell) inkluderats i CET. Det intryck som fås efter granskningen är dock ett annat. Mot bakgrund av att den totala sannolikheten för härdskador och bristande inneslutningsintegritet är låg borde vissa av dessa fenomen inarbetas i CET, t.ex. vätgasexplosion och ångexplosionens påverkan på slussen. Detta ses som väsentligt eftersom man med vald strategi helt bortser från eventuella osäkerheter. • Huruvida återkriticitet kan skada inneslutningen har inte behandlats i den fenomenrapport som behandlar återkriticitet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fenomenrapporterna kommer att beskrivas mer i nästa revision av huvudrapporten. • Global tankgenomsältning har bedömts som mycket osannolik. I fenomenrapporten OKG 97-05169 om ” vessel failure and vessel thrust forces” har antagits ett tankbrott motsvarande 2 m². I fenomenrapporten OKG 97-05163, ” ...Debris attack of lower drywell penetrations...”, har konstaterats att om vatten finns tillgängligt i nedre drywell är härden kylbar om vatten inte är tillgängligt kommer genomföringarna att brista. • Andra fenomen har ej bedömts hota inneslutningen. 	Komentaren endast delvis besvarad.

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
33.	5.2.4 .1		<p>Kan inte inneslutningens fria gasvolym ha minskat med mer än 720m³ då tankgenomsmältning sker? Slutsatsen i fenomenrapporten är att det är endast då inneslutningens fria gasvolym har reducerats med mer än 1500 m³ som dess integritet kan hotas av en vätgasdeflagration. I detta fall kan trycket komma att överstiga 11 bar.</p> <p>Sannolikheten för detta har ej beräknats. Maximala volymreduktionen innan tankgenomsmältning är 720m³.</p> <p>Att volymreduktionen blir max 720 m³ bygger på ett antagande att tankgenomsmältning sker så snabbt att man bara hinner pumpa in vatten med 322 oberoende i 2 timmar. I det fall båda kretsarna i 322 oberoende används eller om tankgenomsmältning sker senare kommer mera vatten att hinna pumpas in i reaktorinneslutningen innan tankgenomsmältning. Nedre primärutrymmet rymmer ca 1500 m³.</p> <p>Vad är sannolikheten att vätgasdeflagration inträffar då inneslutningens volym reducerats med 1500m³?</p>		
34.	5.2.4 .2	57	<p>Var finns motivet till att ångexplosioner inte kan skada skydden av genomföringarna i nedre primärutrymmet eller slussdörren?</p> <p>Enligt fenomenrapporten om ångexplosioner kan ångexplosioner medföra att skydden av genomföringarna skadas.</p> <p>Vad är sannolikheten för att skydden eller slussdörren skadas?</p>	Ångexplosioner som kan skada inneslutningen eller nedre slussport kan ej inträffa. Därför är det ej motiverat med ytterligare hållfasthetsberäkning av nedre slussdörren.	
35.	5.2.4 .3	58	<p>Varför behandlar inte rapporten om återkriticitet risken för brott på inneslutningen till följd av återkriticitet?.</p> <p>Rapporten behandlar endast frågan om återkriticitet kan uppstå eller ej. I slutsatsen påpekas att instruktioner och handlingsprogram bör utarbetas för hur återkriticitet skall hanteras..</p> <p>Finns sådana instruktioner?</p> <p>Om nej, hur har detta beaktats i nivå2-studien?</p>	Sannolikheten för att effektutvecklingen i samband med återflödning av den skadade reaktorhärden är så stor och pågår under tillräckligt lång tid för att äventyra inneslutningens integritet har bedömts som ytterst liten och har därför ej tagits med i studien.	
36.	5.2.4 .5	58	Vad är sannolikheten för att inneslutningens integritet går förlorad om ett läckage motsvarande arean på ett nedblåsningrör skulle föreligga i samband med tankgenomsmältning?.		
37.	5.2.5	59	<p>Har någon oberoende granskning utförts av MAAP-analyserna?</p> <p>När antar man att 322O startas?</p> <p>Borde inte känslighetsanalysen ha ingått i nivå 1?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • MAAP analyserna har granskats av ABB Atom. • Enligt ÖSI skall 322O startas om ingen spädmatning till reaktortanken eller sprinkling av drywell har etablerats. • Beräkningsresultaten har återförts till nivå 1. 	

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
38.	5.2.6	59	Utsläppskategorierna bör även innehålla uppgift om när utsläppet sker.	Risken har beräknats enligt antagandet att risk = sannolikhet * konsekvens. Den beräknade frekvensen för respektive sluttillstånd har multiplicerats med andelen (% av härdinventariet) lättflyktiga radioaktiva isotoper(CsI, CsOH). Utförligare beskrivning kommer att införas i nästa revision.	Kommentaren besvaras ej helt.
39.	5.2.6	59	Förfarandet vid riskberäkningen är inte helt genomskinligt. Normalt baseras den på en karakterisering av CET:s sluttillstånd i utsläppskategorier som beskrivs av dels när de inträffar, dels utsläppsvägen. I O3 PSA verkar det som om endast aktivitetens väg ut modelleras, medan information om tid för utsläppet saknas.		

Nr	Kap.	Sid	SKI- kommentarer ur löpande text	OKG svar på kommentarer	Kommentar
40.	5.2.7	60	<p>Presentationen och diskussionen av resultat är begränsad till omfattningen och inte helt lättbegriplig. Det framgår ej hur kvantifieringen gjorts, varken med avseende på grundfrekvenserna (tabell 8.2) för olika utsläppskategorier eller för så kallat riskindex (tabell 9.1). Följande kommentarer kan ges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resultatpresentationen är generellt i starkt behov av utökning och förtydligande. Det är i nuvarande version av analysen mycket svårt att förstå vad som gjorts! • Av tabell 8.2 verkar det som om HSxI och HSxL har behandlats på exakt samma sätt som grundfallen, HSx. Om så är fallet borde detta ha motiverats. Om någon skillnad finns med avseende på kvantifiering måste den beskrivas. • Känslighetsanalyser saknas, inte minst med avseende på inverkan från styrande randvillkor • Tabell 9.1. är obegriplig - enheten i de risker som jämförs är ”kg utsläpp per tidsenhet”, vilket medför att filtrerade utsläpp starkt dominerar risken. Det är väl ändå inte detta som är analysens viktigaste slutsats. • Endast 0.2% av alla HS leder till stora utsläpp (1 av 500 HS). Detta resultat är en följd av ett antal mycket viktiga randvillkor för analysen: <ul style="list-style-type: none"> • Inga skador på inneslutningen före inledande händelse • Inga skador på inneslutningen i samband med inledande händelse • Lugnt förlopp under härdsmälta • Lugnt förlopp i samband med genomsmältning av reaktortanken <p>Baserat på de motiveringar som ges i analysen (normalt ingen alls) är det inte självklart att dessa randvillkor är rimliga.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alla system antas före, under och efter missödet fungera på ett ”nivå 1-mässigt” sätt. • Inneslutningen antas definitionsmässigt fungera enligt konstruktionsförutsättningarna. Endast två felmoder har modellerats, genomsmältning av genomföringar i nedre DW samt övertryckning vid fel i konsekvenslindrande system 	<ul style="list-style-type: none"> • Förtydligande av kvantifieringsprocessen och resultat införs i nästa version. • Det var i inledningsskedet av studien motiverat att införa 9 stationstillstånd, analyserna visar dock att antalet kan minskas. • Tabell 9-1 ger information om risk (frekvens multiplicerat med konsekvens). Att risken domineras av filtrerade utsläpp är en viktig och väsentlig slutsats i studien. • Då inneslutningens täthet under normal drift kontinuerligt övervakas har den bedömts vara tät före en inledande händelse. • Från nivå 1 har inga händelser identifierats som skadar inneslutningen initialt. • Härdsmälteförloppen har beräknats med MAAP, beräkningarna visar att hastiga förlopp inträffar utan att inneslutningens integritet påverkas. • Fenomen- och MAAP-analyser redovisar inga lugna förlopp. I samband med genomsmältning ökar bl a tryck ock temperatur i inneslutningen hastigt. • Felmoderna är ett resultat som framkommit i studien. 	Svaret täcker endast in delar av komentaren.