

STÖRNINGS- OCH OLYCKSANALYSER TILL STÖD FÖR KÄRNKRAFTVERKENS TEKNISKA LÖSNINGAR

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ALLMÄNT | 3 |
| 2 | HÄNDELSER SOM SKALL ANALYSERAS | 3 |
| 2.1 | Allmänna krav | 3 |
| 2.2 | Analys av hur anläggningen fungerar | 4 |
| 2.3 | Analys av utsläpp och stråldoser | 5 |
| 3 | ANALYSMETODER | 6 |
| 4 | ANTAGANDEN SOM ANVÄNDS I ANALYSERNA | 6 |
| 4.1 | Analys av hur anläggningen fungerar | 6 |
| 4.1.1 | Allmänna krav | 6 |
| 4.1.2 | Beräkningsparametrar | 6 |
| 4.1.3 | Antaganden gällande system | 7 |
| 4.1.4 | Operatörernas verksamhet | 7 |
| 4.1.5 | ATWS-analys | 7 |
| 4.1.6 | Allvarliga reaktorolyckor | 8 |
| 4.2 | Analys av utsläpp och stråldoser | 8 |
| 4.2.1 | Händelser där stråldosen orsakas av radioaktiva ämnen i primärkylmedlet | 8 |
| 4.2.2 | Förlust av kylmedel på grund av ett stort brott i primärkretsen | 9 |
| 4.2.3 | Olyckor vid hantering av använt bränsle | 10 |
| 4.2.4 | Allvarliga reaktorolyckor | 10 |
| 4.2.5 | Spridning av radioaktiva ämnen i omgivningen | 11 |

fortsätter

Detta direktiv är i kraft från och med den 1.2.2004 tills vidare.

Direktivet upphäver direktiv YVL 2.2 av den 18.1.1996.

Tredje, förnyade versionen
Helsingfors 2004

ISBN 951-712-947-5 (pdf)
ISBN 951-712-948-3 (html)

| | | |
|-----|--|----|
| 5 | KRAV FÖR GODKÄNNANDE AV RESULTATEN | 11 |
| 5.1 | Allmänna krav | 11 |
| 5.2 | Funktionen hos system som planerats med tanke på en olycka | 11 |
| 5.3 | Säkerställandet av läget i anläggningen | 11 |
| 5.4 | Anläggningens tryckkontroll | 11 |
| 5.5 | Bränsleskador | 11 |
| 5.6 | Reaktorinneslutningens beständighet | 11 |
| 5.7 | Utsläpp och stråldoser | 12 |
| 6 | DEFINITIONER | 12 |

Befogenhetsgrunder

Strålsäkerhetscentralen ger detaljerade direktiv gällande säkerheten vid användning av kärnenergi, skydds- och beredskapsarrangemang samt tillsyn över kärnämnen med stöd av följande lagar och föreskrifter:

- kärnenergilagen (990/1987) 55 § 2 mom. 3 punkten
- statsrådets beslut om allmänna föreskrifter om säkerheten vid kärnkraftverk (395/1991) 29 §
- statsrådets beslut om allmänna föreskrifter om skyddsarrangemang vid kärnkraftverk (396/1991) 13 §
- statsrådets beslut om allmänna föreskrifter om beredskapsarrangemang vid kärnkraftverk (397/1991) 11 §
- statsrådets beslut om allmänna säkerhetsföreskrifter för en anläggning för slutförvar av driftavfall från kärnkraftverk (398/1991) 8 §
- statsrådets beslut om säkerheten vid slutförvaring av använt kärnbränsle (478/1999) 30 §.

Tillämpningsregler

Publiceringen av YVL-direktivet ändrar inte i sig de beslut som Strålsäkerhetscentralen tagit före publiceringen av direktivet. Först efter att ha hört alla berörda parter ger Strålsäkerhetscentralen ett separat beslut om hur det nya eller förnyade YVL-direktivet skall tillämpas på kärnkraftverk som är i drift eller under uppförande, samt på den verksamhet drifttillståndets ägare bedriver. På nya kärnkraftverk tillämpas reglerna direkt.

Då Strålsäkerhetscentralen överväger hur den skall tillämpa de nya kraven på säkerhet som presenterats i YVL-direktivet på kärnanläggningen som är i drift eller under uppförande tar den i beaktande följande princip i statsrådets beslut (395/1991) 27 §: *För att ytterligare förbättra säkerheten skall sådana åtgärder vidtas som kan anses vara motiverade med beaktande av drifterfarenheterna och säkerhetsforskningen samt utvecklingen inom vetenskap och teknik.*

Om man vill avvika från de krav som ställs i YVL-direktivet måste man åt Strålsäkerhetscentralen presentera ett annat godtagbart förfarings sätt eller lösning, med vilka säkerhetsnivån som presenterats i YVL-direktivet uppnås.

1 Allmänt

Allmänna föreskrifter om säkerheten vid kärnkraftverk ges i statsrådets beslut (395/1991). Den centrala säkerhetsprincipen är att ta i beaktande förväntade driftstörningar och antagna olyckor vid anläggningens planering. Principen förutsätter att man planerar reaktorn och kylsystemet på ett sådant sätt att man med stor säkerhet kan säkerställa läget i anläggningen i dessa situationer. Den förutsätter också att man utrustar anläggningen med tillförlitliga säkerhetssystem som har passiva funktionsprinciper eller som startar vid behov. Förutom förväntade driftstörningar och antagna olyckor bör man också vara förberedd på möjligheten av allvarliga reaktorylyckor.

I enlighet med 6 § statsrådets beslut (395/1991) bör påvisandet av att säkerhetsbestämmelserna uppfylls ske med hjälp av experimentella och beräkningsmässiga metoder. I detta direktiv ges kraven på kärnkraftverkens störnings- och olycksanalyser. Med hjälp av analyserna undersöker man hur anläggningen fungerar, eventuella utsläpp samt stråldoser orsakade av dem vid händelser som använts som planeringsgrunder för anläggningen. Med analyserna motiverar man hur väl anläggningens tekniska lösningar uppfyller de på förhand fastställda säkerhetskraven. Med hjälp av analyserna försäkras man sig bl.a. om följande saker:

- Reaktorn och dess kylsystem innehåller inga särdrag som betydligt förvärrar störningar eller olyckor.
- Säkerhetssystemen uppfyller kraven som är ställda på dem.
- Säkerhetssystemen startar i rätta situationer och rätt stund.
- Händelser som tas i beaktande vid planeringen orsakar inga belastningar eller förhållanden som sannolikt skulle leda till tilläggs-skador och därmed till en förvärrad situation.
- Stråldosen för befolkningen i anläggningens omgivning begränsas genom tillräckliga system och konstruktioner som förhindrar spridningen av radioaktiva ämnen.

Strålsäkerhetscentralen granskar analyserna av anläggningens säkerhet samt analysernas tillräcklighet i samband med behandlingen av

kärnkraftverkens ansökningar om byggnads- och drifttillstånd. De centrala resultaten från analyserna presenteras i den preliminära och slutliga säkerhetsanalysrapporten. Mer ingående uppgifter om de antaganden och beräkningsmetoder som använts i analyserna kan ges antingen i säkerhetsanalysrapporten eller i ämnesrelaterade rapporter.

I analyser som gjorts med tanke på byggnadstillståndet bör man granska särskilt noga de anläggningsdrag som är svåra att ändra när planeringen fortskrider. Man kan göra förenklande antaganden om säkerhetssystemens genomförande. Analyserna kompletteras för drifttillståndet och då bör anläggningens konstruktion beskrivas på ett sätt som motsvarar den slutliga konstruktionen så mycket som möjligt.

I direktiv YVL 1.1 behandlar man i detalj förfarandena kring kärnkraftverkets byggnads- och drifttillstånd samt Strålsäkerhetscentralens övervakning.

2 Händelser som skall analyseras

2.1 Allmänna krav

Händelserna som analyseras bör vara sådana som till sin natur och grad av allvar väl täcker olika typer av störningar och olyckor. För att händelsen skall vara representativ är det väsentligt att den särfunktion som beror på anläggningens konstruktion och driftsätt utreds grundligt och att de händelser som mest begränsar funktionen och mätningen av respektive säkerhetsfunktion och –system analyseras.

I punkt 2.2 presenteras kraven på analyserna av hur anläggningen fungerar. I dessa analyser undersöker man händelsernas tidsförlopp, och kraven för godkännande av deras resultat ges i punkterna 5.1–5.5. I punkt 2.3 behandlas analyserna av utsläpp och omgivningens stråldoser. Kraven för godkännande av deras resultat ges i punkt 5.6. För dessa är det ändamålsenligt att använda allmänna grundantaganden som täcker flera olika händelser samtidigt. Analyser av stråldoser är inte nödvändigtvis direkt förknippade med de händelser som behandlas i analyser av hur anläggningen fungerar.

2.2 Analyser av hur anläggningen fungerar

Förväntade driftstörningar och antagna olyckor

De händelser som skall analyseras bör indelas i tre klasser enligt följande:

1. Förväntade driftstörningar, vars frekvens är minst 10^{-2} /år.
2. Antagna olyckor
 - a. antagna olyckor av klass 1, vars frekvens är 10^{-3} ... 10^{-2} /år.
 - b. antagna olyckor av klass 2, vars frekvens är mindre än 10^{-3} /år.

Varje händelse bör i första hand klassificeras utgående ifrån inledande händelsens uppskattade frekvens. Vid klassificeringen bör man ta i beaktande enskilda primärhändelser, händelser som förutom primärhändelsen också innehåller tilläggfel eller operatörens felfunktioner, samt händelser förknippade med kontrollen av gemensamma fel som är i enlighet med direktiv YVL 2.7. Då bör också de förväntade driftstörningar i samband med vilka reaktorns snabbstopp inte lyckas (s.k. ATWS-händelser) behandlas som antagna olyckor av klass 2. De krav i detta direktiv som endast ställs på antagna olyckor gäller för bägge olycksklasser.

Tidsförloppet av förväntade driftstörningar och antagna olyckor bör analyseras så att man börjar med primärhändelsen som utlöst situationen och avslutar med det säkra och stabila driftläge som nåtts. Man bör utgå ifrån att anläggningen vid början av händelsen är i produktionsdrift på installerad effekt, förutsatt att inget annat driftläge har värre följder. Man bör ta i beaktande att regleringen av effekten kan vara inexact. Om man inte på ett tillförlitligt sätt kan bestämma vilket som är det värsta begynnelseläget bör man analysera följderna av samma primärhändelse vid flera driftlägen (t.ex. olika effekter eller bränsleutbränningar). Vid fastställning av begynnelseläge bör man ta i beaktande följdernas eventuella känslighet för felantaganden, beräkningsparametrar och beräkningsmodeller. För händelser som skall analyseras bör man välja situationer som

- orsakar en betydande ändring i en för huvudprocessen väsentlig parameter medan reaktor är i drift, eller

- hindrar en normal avställning av reaktorn, eller
- äventyrar reaktorns underkriticitet eller avledandet av resteffekten medan reaktor är avstängd på normalt sätt.

Exempel på primärhändelser är fel, vars följder är

- läckage från primärkretsen under effektdrift, ändring i driftläget, bränslebyte och/eller driftstopp
- läckage från sekundärkretsen (tryckvattenreaktor)
- läckage från primärkretsen till sekundärkretsen (tryckvattenreaktor)
- störning i regleringen av reaktorns effekt eller annan störning som orsakar en ändring i reaktiviteten
- störning i primärkretsens flöde, reglering av tryck eller reglering av vattenvolym
- störning i ångans tryck eller flöde
- störning i matarvattnets flöde eller temperatur.

Förutom primärhändelser bör man också granska andra tilläggfel och operatörernas felfunktioner. Typexempel på dessa är

- förlorad kontakt med det yttre elnätet
- en säkerhetsventil som öppnats under olyckan fastnar i öppet läge
- en ventil som behövs för att frånskilja läckaget har förblivit öppen
- felaktig funktion i den automatiska regleringen som startar i samband med olyckan
- felaktig styråtgärd som beräknas vara möjlig om operatören gör en felaktig lägesbedömning
- fördröjning av nödvändig styråtgärd.

Händelserna bör analyseras utifrån antagandena i punkt 4.

Allvarliga reaktorolyckor

Förutom förväntade driftstörningar och antagna olyckor bör även allvarliga reaktorolyckor analyseras.

I enlighet med direktiv YVL 1.0 bör man vid planeringen av ett kärnkraftverk ta i beaktande möjligheten av en allvarlig reaktorolycka. Därför bör kärnkraftverket ha en kontrollstrategi för allvarliga reaktorolyckor med hjälp av vilken

man säkerställer att de säkerhetsmål för allvarliga reaktorolyckor som uppställts i Srb 395/1991 och YVL 1.0 uppfylls.

De centrala funktionerna i kontrollstrategin för allvarliga olyckor bör också motiveras med hjälp av tillämpliga experimentella och analytiska metoder. Som en specifik del av strategin bör man försäkra sig om att man har förebyggt med god säkerhet snabba och/eller energetiska fysikaliska fenomen samt sådana primärhändelser som hotar reaktorinneslutningens integritet eller hindrandet av fissionsprodukters spridning.

Man bör genom analyser undersöka de aspekter som inverkar på reaktorinneslutningens beständighet och täthet samt funktionsförmågan hos reaktorinneslutningens system. Analyserna bör göras av de händelser som är allvarligast med tanke på reaktorinneslutningens funktion. Sådana kan t.ex. vara

- en fullständig, långvarig förlust av växelströmeffekten
- en fullständig förlust av matarvattnet
- primärkylmedlets läckage utan nödkylning, när begynnelseläget är effektdrift, underhållsstopp, driftstopp för bränslebyte eller något annat driftstopp
- primärkylmedlets läckage och hinder för kylmedlets återcirkulation.

Med tanke på beredskapsplaneringen bör man i säkerhetsanalyserna också granska situationer som inte tagits i beaktande i den egentliga kontrollstrategin för allvarliga reaktorolyckor. Exempel på dessa är bl.a. sådana kedjor som leder till en allvarlig reaktorolycka, vilka man förebyggt med så stor säkerhet att de inte inkluderats i kontrollåtgärderna för allvarliga olyckor. Beredskapsplaneringen behandlas i direktiv YVL 7.4.

I PSA-analyserna utnyttjar man analysresultaten från förväntade driftstörningar, antagna olyckor och allvarliga olyckor för att bedöma systemkrav och följderna av olika händelsekedjor.

2.3 Analyser av utsläpp och stråldoser

Förväntade driftstörningar och antagna olyckor

Om en förväntad driftstörning kan orsaka avvikande utsläpp av radioaktiva ämnen (t.ex.

utsläpp av reaktorkylmedel i omgivningen) bör man bedöma den stråldos som utsläppet orsakar.

Antagna olyckor

Av antagna olyckor bör man utarbeta specifika analyser angående stråldoser från fall som orsakat doser vars övre gräns inte kan avgöras från andra analysers resultat. Exempel på sådana fall är:

- Stort läckage av primärkretsens kylmedel under effektdrift. Detta bör användas som typexempel för sådana olyckor där radioaktiva ämnen till en början endast frigörs inne i reaktorinneslutningen och sedan efter hand läcker ut.
- Läckage från instrumentlinjen i reaktorns kylsystem till utanför reaktorinneslutningen.
- Läckage från ånggeneratorns primärsida till sekundärsidan. När ett fullständigt brott av en eller flera värmväxlingstuber i ånggeneratorn analyseras bör man utgå ifrån att ånggeneratorns säkerhetsventil fastnar i öppet läge i situationer där ventilen förväntas öppnas. Även större läckage bör analyseras, förutsatt att man på basis av ånggeneratorns konstruktion och/eller tillämpliga drifterfarenheter bedömer att de är möjliga (tryckvattenreaktor).
- Läckage från primärkretsen under underhållsstopp, driftstopp för bränslebyte eller något annat driftstopp.
- Läckage i en oisolerad ånglinje utanför reaktorinneslutningen, när en ånggenerator som är ansluten till linjen haft det största möjliga läckage från primärkretsen till sekundärkretsen som är i enlighet med de säkerhetstekniska föreskrifterna innan olyckan inträffat (tryckvattenreaktor).
- Läckage i en ånglinje utanför reaktorinneslutningen eller i reaktorkylmedlets reningslinje (kokarreaktor).
- Skada i ett system utanför reaktorinneslutningen som innehåller radioaktiva gaser.
- Skada i ett system utanför reaktorinneslutningen som innehåller radioaktiva vätskor.
- Skador som uppkommit i ett bränsleknippe som avlägsnats från reaktorn.
- Överförings- eller transportförpackning innehållande använt bränsle faller vid ett lyft där

förpackningen inte är tätt tillsluten, eller en bränslekorg faller vid förflyttningen.

- Tungt föremål faller på lagrat bränsle eller öppen reaktor.

Allvarliga reaktorolyckor

Av allvarliga reaktorolyckor orsakade utsläpp av radioaktiva ämnen och stråldoser bör analyseras. Analyserna bör göras av sådana händelser som kan orsaka de mest betydande utsläppen p.g.a. reaktorinneslutningens funktion och förhållanden, samt halterna av radioaktiva ämnen där. Analyserna skall i första hand innehålla situationer som är i enlighet med den utvalda kontrollstrategin.

3 Analyismetoder

Med analysmetoder avses bl.a. på handberäkningar baserade metoder, datorprogram samt tillämpning av experimentella uppgifter. Tillförlitligheten hos metoderna som används i analyserna bör motiveras. Man bör beskriva de beräkningsmetoder som används. Ur beskrivningen bör framgå de allmänna principerna för beräkningsmetoderna, samt deras fysikaliska modeller och numeriska lösningsmetoder.

De experimentella korrelationer som används i beräkningsmetoderna bör motiveras genom att presentera det mätningmaterial som legat till grund för korrelationerna. Om korrelationen är allmänt känd och mätningmaterialet står till allmänt förfogande räcker det med en hänvisning till skriftliga källor.

Beräkningsmetoderna bör vara tillräckligt kvalificerade för behandling av ifrågavarande händelser. De bör vara kvalificerade såväl med tanke på numeriska metoder som fysikaliska modeller.

Numeriska metoder anses kvalificerade efter tillräckliga jämförande beräkningar. Fysikaliska modeller anses kvalificerade efter att man påvisat att de har förmågan att beskriva de tester som utförs på lämpliga separata fenomen eller hela system, eller störningar som inträffat i kärnkraftverk.

När tillräckligt tillförlitliga beräkningsmetoder inte står till förfogande bör analyserna motiveras experimentellt. Detta krav gäller särskilt för de flesta centrala fenomen som är förknip-

pade med kontrollen av allvarliga olyckor, såsom t.ex. långvarig nedkylning av reaktorns rester efter en allvarlig reaktorolycka.

4 Antaganden som används i analyserna

4.1 Analyser av hur anläggningen fungerar

4.1.1 Allmänna krav

Kännetecknande för analyserna är ett s.k. konservativt behandlingssätt, vilket innebär att osäkerheter gällande beräkningsmodeller och grundantaganden tas i beaktande på ett sådant sätt att anläggningens faktiska funktion med stor sannolikhet är lindrigare än det ofördelaktigaste analysresultatet. I analyserna bör man ta i beaktande att den inverkan som osäkerheter gällande beräkningsmodeller, parametrar eller grundantaganden har på resultaten inte alltid på förhand kan definieras på ett entydigt konservativt sätt med tanke på slutresultat. Ett exempel på detta är gasspaltens värmeledningskapacitet i bränslet.

Därtill bör man ta i beaktande att en primärhändelse kan ha flera följder som är av olika typ med tanke på uppfyllandet av säkerhetsmålen. En störning eller olycka som utlöses av en viss primärhändelse kan således beröras av flera (på olika storheter baserade) kriterier för godkännande. Ett exempel på detta är ett litet läckage i en tryckvattenreaktors primärkrets. Säkerhetsmål för en dylik incident är å ena sidan säkerställandet av bränslets kylning, å andra sidan beaktandet av risken för ett sprödbrott i reaktortryckkärlet vid kylningen.

Med hjälp av analyserna identifierar man de processer och tröskelfenomen som är väsentliga med tanke på situationen och objektet som granskas, samt utreder vilken deras inverkan är.

4.1.2 Beräkningsparametrar

Analysen bör innehålla granskningar med hjälp av vilka man kartlägger slutresultatets känslighet för de analysmetoder och grundvärden som använts. Då bör man ta i beaktande de båda synsätten som presenterats i punkt 4.1.1. Parametrarna som inverkar på de slutresultat i analyserna som är väsentliga med tanke på kraven för godkännande bör väljas från gränsen på

sin sannolika variationsbredd på ett sådant sätt att slutresultatet kan anses konservativt. Dylika parametrar är särskilt

- processtorheters värden (effekt, tryck, temperatur o.s.v.) vid början av olyckan
- noggrannheten hos de utlösningssgränser som används i skyddssystemen
- anordningarnas kapacitet samt tidsfaktorer som beskriver deras funktion
- faktorer som man har inexact vetenskap om (tillverkningstoleranser, värmeöverföringskoefficienter, blandningsfenomen, kondensationsfenomen o.s.v.)
- bränslets resteffekt.

Parametervärdens konservatism bör alltid motiveras. Om valets konservatism inte är entydig p.g.a. det granskade fenomenets natur eller någon annan orsak bör man uppvisa resultat från parametrarnas hela variationsbredd, så att det ofördelaktigaste valet med tanke på slutresultatets godkännande kan identifieras.

4.1.3 Antaganden gällande system

Man kan utgå ifrån att säkerhetssystemen fungerar på sin planerade minimieffekt, förutsatt att händelsen inte direkt inverkar på deras funktionsduglighet. Minimieffekten fås när

- man, i enlighet med direktiv YVL 2.7, utgår ifrån en sådan kombination av funktionsdugliga eller ur bruk tagna anordningar som mest stör systemets funktion. Angående reaktorns snabbstoppsystem utgår man ifrån att den mest reaktiva styrstaven fastnat.
- man för varje fungerande anordning fastställer driftvärden som vid regelbundna tester med tillräcklig säkerhetsmarginal motsvarar de gränser för godkännande som ställts på anordningarnas funktion.

Om en större effekt kan inverka skadligt på säkerhetssystemets funktion (t.ex. för snabb kylning eller vattnet tar slut för tidigt) bör även denna möjlighet granskas som ett separat alternativ (jfr kraven för godkännande i punkt 5.1).

Man kan utgå ifrån att skyddsautomatiken fungerar planenligt, förutsatt att händelsen inte direkt inverkar på dess funktionsförmåga. Undantaget utgörs av ett misslyckat snabbstopp av reaktorn i ATWS-analyserna.

I störnings- och olycksanalyser bör man granska såväl situationer där man kan utgå ifrån att normala driftsystem fungerar på det sätt som bedömts mest sannolikt, som situationer där normala driftsystem fungerar felaktigt eller inte överhuvudtaget fungerar. I samtliga fall bör de kriterier för godkännande som ställts på ifrågasvarande situation uppfyllas.

4.1.4 Operatörernas verksamhet

Man kan utgå ifrån att operatörerna agerar i enlighet med de skriftliga anvisningarna för respektive händelse som bör analyseras. Betänketiden före åtgärderna bör fastställas konservativt och den bör motiveras. Man kan anta att det är möjligt att åtgärder vidtas för att lindra en störning eller olycka om händelsen klart går att identifiera. De åtgärder som operatörerna vidtagit bör dock analyseras utifrån flera olika perspektiv där man granskar hur operatörens styrfel och fördröjda nödvändiga styråtgärder inverkar på händelseförloppet. När man bedömer operatörens agerande bör man särskilt överväga huruvida en felaktig åtgärd är tillräckligt osannolik.

4.1.5 ATWS-analyser

Följande antaganden bör göras vid de analyser av förväntade driftstörningar där snabbstoppet är förhindrat (ATWS-analyser):

- Man utgår ifrån att reaktorns snabbstopp misslyckas antingen därför att det finns ett fel i skyddssystemet som hindrar snabbstoppsfunktionen från att utlösas eller därför att det i snabbstoppsystemet eller i styrstavarna finns ett mekaniskt gemensamt fel som hindrar styrstavarnas rörelse i reaktorn.
- Man utgår ifrån att det uppkommer ett enkelfel i utblåsnings- och säkerhetsventilernas funktion.
- Man utgår ifrån att normala driftsystem och operatörerna fungerar på ett sätt som kan anses sannolikt.
- Man utgår ifrån att säkerhetssystemen fungerar på samma sätt som vid andra antagna olyckor.
- Beräkningsparametrarna väljs på samma sätt som vid andra antagna olyckor.
- Vid analysen av störningar som uppstår vid full effekt utgår man ifrån att reaktorn är i xenonbalans.

- Vid analyser av störningar som uppstår vid liten effekt utgår man ifrån att reaktorn är fri från xenon.

4.1.6 Allvarliga reaktorolyckor

Med hjälp av analyserna motiveras att de system och åtgärder som är planerade med tanke på verkställandet av kontrollstrategin för allvarliga olyckor kan godkännas. Utgångspunkten för analyserna kan vara grundad på s.k. bästa bedömningens metoder, men så att man i analyserna tillämpar en konservatism som är i balans med funktionens strategiska betydelse, vilket innebär att ju centralare en funktion är, desto säkrare bör man vara angående dess genomförande, vilket också bör påvisas. Valet av konservativa faktorer bör också motiveras.

Förutom de system som hör till kontrollstrategin kan man också ta i beaktande andra system som fungerar utan aktiva anordningar och lindrar följderna av olyckor eller begränsar utsläpp. Ett exempel på ett dylikt system är värmeöverföringskretsen där mediet cirkulerar med naturlig cirkulation. Därtill kan man utgå ifrån att även sådana aktiva anordningar är funktionsdugliga, vilkas funktion är oavhängig av orsakerna och följderna av en allvarlig reaktorolycka.

På basis av en separat motivering kan man utgå ifrån att de anordningsfel som lett till en allvarlig reaktorolycka repareras senare, förutsatt att en hög strålningsnivå eller någon annan orsak inte hindrar reparationsarbetet. Den tid som behövs för reparationen bör fastställas konservativt och motiveras.

Tiden som går till de åtgärder som förutsätts i kontrollstrategin, och andra faktorer som inverkar på förutsättningarna att vidta åtgärder (t.ex. tillgängligheten till lokalt styrda anordningar), bör motiveras.

När man analyserar hur reaktorinneslutningen fungerar under tryck bör okondenserbara gaser tas i beaktande. Särskilt när man bedömer mängden väte som frigjorts bör man utgå ifrån att 100 % av det material i reaktorhärden som oxideras lätt reagerar med vatten. Andra vätekällor bör också tas i beaktande i enlighet med direktiv YVL 1.0. När man bedömer hastigheten som vätet frigörs på bör man också ta i beaktande att nödkylningen eventuellt återställs.

4.2 Analyser av utsläpp och stråldoser

4.2.1 Händelser där stråldosen orsakas av radioaktiva ämnen i primärkylmedlet

Vid början av olyckan bör man utgå ifrån att primärkylmedlet innehåller åtminstone den mängd radioaktiva ämnen som ställs som gräns i anläggningens säkerhetstekniska föreskrifter. Fördelningen av nuklider och deras isotoper bör väljas så att de motsvarar fördelningen som i praktiken konstaterats i ifrågavarande typ av anläggning.

Från och med den stund då reaktorns effekt väsentligt börjar förändras (minska eller öka) bör man utgå ifrån en sådan ökning av jod- och cesiumhalter som motsvarar den största halten som observerats i samband med effektändringar i ifrågavarande typ av anläggning.

Primärkylmedlets läckagehastighet bör bedömas konservativt. Tiden som går till en eventuell fränksiljning av läckaget bör bedömas konservativt, så att man tar i beaktande de alarm och mätuppgifter som operatörerna erhållit av händelsen.

Om en åtgärd som inverkar på fränksiljandet av läckaget eller spridningen av radioaktiva ämnen är automatisk och säkrad mot enkelfel kan man utgå ifrån att systemet till denna del fungerar planenligt.

När man undersöker läckagen bör man granska separat de utsläpp som orsakas av den del av kylmedlet som förblir i vätskeform och separat de utsläpp som orsakas av den del som förångas. Angående den del som förångas kan man utgå ifrån att halten av radioaktiva ämnen i de beståndsdelar som förångas är mindre än i kylmedlet före platsen där läckaget inträffat. Koefficienten som anger en minskning av halten bör motiveras med hjälp av faktiska observationer eller provresultat. Då bör man dock utgå ifrån att samtliga ädelgaser i det läckande kylmedlet frigörs alltid till 100 % i omgivningen.

Om läckaget leder rakt ut i omgivningen och kylmedlet är i vätskeform när det kommer till platsen där läckaget inträffat bör man vid beräkningen av omgivningens stråldos ta i beaktande samtliga radioaktiva ämnen som frigjorts vid läckaget.

Man bör utgå ifrån att ångan som frigjorts

inne i anläggningen och radioaktiva ämnen som blandats med ångan sprider sig till omgivningen på ett sätt som motsvarar den funktion som planerats för anläggningens ventilationssystem i ifrågavarande anläggningsläge.

Man bör antaga att en del av joden som blandats med ångan är i gasform. Andelen jod som är i gas- och aerosolform bör motiveras.

Om man utgår ifrån att det används filter i ventilationssystemen bör filtrens separationsförmåga fastställas konservativt.

4.2.2 Förlust av kylmedel på grund av ett stort brott i primärkretsen

Tiden för primärkylmedlets utflöde i reaktorinneslutningen bör fastställas på basis av värme- och strömningstekniska analyser. Tiden bör vara kortare än den kortaste beräknade tiden, då man tar i beaktande beräkningsmetodens noggrannhet. I enlighet med punkt 4.2.1 bör man göra antaganden om

- radioaktiva ämnen i primärkylmedlet
- fördelningen av radioaktiva ämnen i den del som förångas och den del som kondenseras vid läckaget
- formen på joden som blandats med ångan.

Tidpunkten för när bränslestavarna har skadats och antalet skadade stavar bör fastställas konservativt, så att man tar i beaktande resultaten från analyser av hur anläggningen fungerar.

Man bör utgå ifrån att reaktorn före olyckan drivits på full effekt ända sedan det förra bränslebytet. Därtill bör man utgå ifrån att härden representerat en jämviktshärd och analysen bör göras utifrån den situation som råder i slutet på driftperioden.

På basis av experimentell forskning och driftfarenheterna av bränsletypen bör man fastställa andelarna av radioaktiva ämnen som frigörs från skadade bränslestavar på ett konservativt sätt.

En viss del av de ämnen som frigörs från skadade bränslestavar till kylmedlet kommer direkt in i reaktorinneslutningens luftutrymme. Fördelningen mellan luftutrymmet och kylvattnet bör motiveras.

Man bör utgå ifrån att det senare frigörs mera radioaktiva ämnen från skadade bränslestavar när kylvattnet tränger in i stavarna och

löser upp bränslet. Andelarna av de radioaktiva ämnen som hamnar i vattnet i första skedet bör motiveras med hjälp av experimentell forskning, eller så bör antagandena om dem göras konservativt.

Antaganden om spridningen av radioaktiva ämnen inne i reaktorinneslutningen kan grundas på tillämplig experimentell forskning. Alternativt kan man använda en konservativ modell, enligt vilken radioaktiva ämnen lämnar luftutrymmet långsammare än de gör i verkligheten.

Om man avlägsnar luft från reaktorinneslutningen medan anläggningen är i drift bör blandningen av radioaktiva ämnen med luften som avlägsnas bedömas konservativt. Man kan utgå ifrån att ventilationen är isolerad i enlighet med planeringen av anläggningens skyddssystem, så att förändringarna under olyckan i parametrar som används som skyddsgränser bedöms konservativt. Man bör utgå ifrån att ventilationen fungerar normalt före isoleringen.

Man bör utgå ifrån att radioaktiva ämnen blandas jämt i reaktorinneslutningens luftutrymme efter en eventuell isolering av reaktorinneslutningen. När man fastställer reaktorinneslutningens läckagehastighet bör man ta i beaktande det täthetskrav som ställs på reaktorinneslutningen, samt de övertrycken i reaktorinneslutningen beräknade i analysen av antagna olyckor. Tillräckliga säkerhetsmarginaler bör användas vid fastställningen.

Man bör utgå ifrån att en del av de halogener som läckt ut från reaktorinneslutningen är oorganiska föreningar och att en del är organiska föreningar. Fördelningen mellan de olika typerna av föreningar bör motiveras.

De utsläpp som orsakas av eventuella felfunktioner och läckage i delarna för reaktorhårdens nödkylningssystem och reaktorinneslutningens kylsystem belägna utanför inneslutningen bör beaktas konservativt.

Man bör utgå ifrån att ventilationen i utrymmet kring reaktorinneslutningen fungerar som den planerats med tanke på olyckor, och utsläppen som orsakas av ett läckage i reaktorinneslutningen bör beräknas i motsvarande grad. Om ventilationssystemet används normalt med filtren förbikopplade bör man motivera hur länge det tar att ta filtren i bruk.

Om man utgår ifrån att det används filter i

ventilationssystemen bör filtrens separationsförmåga fastställas konservativt.

4.2.3 Olyckor vid hantering av använt bränsle

I analysen av ett fallande bränsleknippe bör man utgå ifrån att bränsleknippet

- har varit en hel driftperiod i reaktorn som drivits på full effekt
- har varit placerad i den mest belastade delen av reaktorn och nått slutlig utbränning
- har nedkylts ett dygn efter avstängningen av reaktorn
- skadas så att samtliga bränslestavar förlorar sin täthet.

I analysen av en fallande överförings- eller transportförpackning innehållande använt bränsle bör man utgå ifrån att

- olyckan kan inträffa i vilket utrymme och vilken situation som helst där förpackningen lyfts med locket öppet eller felaktigt fastsatt
- behållaren innehåller bränsle som nått slutlig utbränning
- bränslet före förflyttningen har nedkylts den minimitid som är i enlighet med administrativa begränsningar
- antalet skadade stavar är med tillräcklig säkerhet större än det antal som bedömts på basis av belastningen som olyckan orsakar.

I analyser av ett fallande tungt föremål bör man utgå ifrån att

- olyckan kan inträffa i vilket utrymme som helst där det är möjligt att hantera tunga föremål ovanför bränslet
- det föremål som faller i ifrågavarande utrymme orsakar största möjliga skada
- bränslets utbränning är det största och nedkylningstiden den minsta möjliga i den olycka som granskas
- antalet skadade stavar är med tillräcklig säkerhet större än det antal som bedömts på basis av belastningen som olyckan orsakar.

Man bör utgå ifrån att andelen radioaktiva ämnen som frigörs från skadade stavar är den största möjliga i ifrågavarande situation. Antaganden om andelarna bör motiveras med forskning av bränsletypen.

Man bör utgå ifrån att samtliga ädelgaser som frigörs kommer in i luftutrymmet av ifråga-

varande byggnad. Om bränsleskadan sker under vattenytan kan man vid bedömningen av jod som frigjorts utgå ifrån att en del av jodisotoperna blir i vattnet och att endast en del frigörs i luftutrymmet ovanför vattenytan.

Man bör utgå ifrån att en del av joden som frigjorts i luftutrymmet är oorganiska föreningar och att en del består av organiska föreningar. Fördelningen i olika typer av föreningar bör motiveras.

Man bör utgå ifrån att radioaktiva ämnen som kommit in i luftrummet till en början sprider sig via ventilationssystemet till omgivningen på ett sätt som motsvarar ventilationens normala funktion. Om ventilationen i ifrågavarande situation kan användas på flera olika sätt bör man i analysen välja det sätt som leder till de största utsläppen. Man kan utgå ifrån att personalen isolerar ventilationskanalerna efter 30 minuter. Om isoleringen är automatisk och genomförd med hjälp av ett lämpligt skyddssystem kan man också utgå ifrån en tidigare isoleringstidpunkt som motsvarar systemets konstruktion och funktion.

Om man utgår ifrån att det används filter i ventilationssystemen bör filtrens separationsförmåga fastställas konservativt.

4.2.4 Allvarliga reaktorolyckor

Analyserna bör utföras i enlighet med punkt 2.3. I analyser av effektdrift bör man utgå ifrån att reaktorn före olyckan drivits på full effekt ända sedan det förra bränslebytet. Därtill bör man utgå ifrån att härden representerar en jämvikts-härd och analysen bör göras utifrån den situation som råder i slutet på driftperioden.

Antagandena om hur mycket radioaktiva ämnen som frigörs i reaktorinneslutningens luftutrymme som en följd av skador i reaktorn bör motiveras med tillräcklig experimentell forskning. Tillräckliga säkerhetsmarginaler bör användas vid fastställningen av mängder.

Om reaktorinneslutningens tryck och temperatur under en olycka överskrider de värden vid vilka reaktorinneslutningens täthetskrav har fastställts, och vid vilka läckagehastigheten mäts experimentellt, bör läckagehastigheten som används i utsläppsberäkningarna motiveras separat. När man definierar läckagehastigheten bör man ta i beaktande avhängigheten mel-

lan tryckskillnader och läckagehastigheten, men också det extra läckaget som orsakas av formförändringar i reaktorinneslutningens genomföringar och slussarnas packningar.

Antagandena om den rengörande effekten av anordningar och eventuella filter längs utsläppsvägen bör motiveras med experimentell forskning vid de utsläppsberäkningar, där man analyserar följderna av ett läckage i reaktorinneslutningen eller av en händelse, där man sänker trycket i reaktorinneslutningen med hjälp av ett filtrerat utblåsningssystem.

När man undersöker risken för de akuta hälsoskador som en allvarlig reaktorolycka kan orsaka närområdets befolkning bör man ta i beaktande de faktiska omständigheterna i anläggningen och dess omgivning. Med beaktande av dem bör man vid beräkningen av stråldoserna fastställa den plats där personerna i den kritiska gruppen antas befinna sig vid början av olyckan samt vilken tid det tar att söka skydd.

4.2.5 Spridning av radioaktiva ämnen i omgivningen

Antagandena om spridningen av radioaktiva ämnen i luften ges i direktiv YVL 7.3 och om beräkningen av stråldoser i direktiv YVL 7.2.

5 Krav för godkännande av resultaten

5.1 Allmänna krav

I enlighet med direktiv YVL 1.0 bör säkerhetsnivån i kärnkraftverken höjas så högt som det med praktiska åtgärder är möjligt. Sannolikheten för en olycka bör vara desto mindre ju allvarigare följer olyckan kan ha. Uppfyllandet av de krav för godkännande som presenteras i de följande kapitlen är därmed inte en tillräcklig motivering för att en lösning som klart skulle öka säkerheten inte genomförs.

5.2 Funktionen hos system som planerats med tanke på en olycka

Man bör påvisa att de system som planerats med tanke på en olycka uppfyller sina funktioner utan att det leder till att anläggningens konstruktioner och anordningar överskrider sina planeringsvärden i omständigheter vid drift och olyckor.

5.3 Säkerställandet av läget i anläggningen

Man bör påvisa att reaktorn förblir avställd och att anläggningen kan ställas i ett säkert och stabilt läge vid varje störning och olycka. Därtill bör det påvisas att man över en längre tidsperiod kan ställa anläggningen i ett sådant läge att det är möjligt att avlägsna bränslet från reaktortryckkärlet.

5.4 Anläggningens tryckkontroll

Kraven gällande tryckkontroll ges i direktiv YVL 2.4. Analyser som gjorts i enlighet med direktivet kan i tillämpliga fall också användas vid störnings- och olycksanalyser.

5.5 Bränsleskador

I 15 § statsrådets beslut (395/1991) bestäms följande:

Sannolikheten för att kylningen av bränslet väsentligt försämras eller en bränsleskada uppstår av någon annan orsak skall vara liten i normal drift och vid förväntade driftstörningar.

Antalet bränsleskador skall vara litet vid antagna olyckor och kylningen av bränslet får inte äventyras.

Möjligheten av att en kriticitetsolycka inträffar skall vara ytterst liten.

Planeringsgränserna för skador i och kylningen av bränslet vid de händelser som presenterats i kapitel 2.2 finns i direktiv YVL 6.2.

5.6 Reaktorinneslutningens beständighet

I 17 § statsrådets beslut (395/1991) bestäms följande:

Reaktorinneslutningen skall planeras så att den på ett tillförlitligt sätt tål de tryck- och temperaturbelastningar, jetkrafter och den inverkan av flygande föremål som orsakas av förväntade driftstörningar och antagna olyckor.

Reaktorinneslutningen skall dessutom planeras så att det tryck och den temperatur som uppstår inne i reaktorinneslutningen som en följd av en allvarlig reaktorolycka inte kan leda till okontrollerat brott.

Möjligheten till uppkomst av en sådan gasblandning som kan antändas eller explodera på ett sätt som hotar att skada reaktorinneslutningen skall vara liten vid alla olyckor.

Vid planering av reaktorinneslutningen skall

även i övrigt beaktas det hot mot reaktorinneslutningens integritet som en härdsmälta utgör.

Bestämmelserna för reaktorinneslutningen preciseras i direktiv YVL 1.0 i punkt 3.3, Reaktorinneslutningens system. Om nedkylningen av härdsmältan på reaktorinneslutningens botten ingår i kontrollstrategin för allvarliga olyckor bör det påvisas att härdsmältan kan kylas så att reaktorinneslutningens integritet inte äventyras. Detta innebär bl.a. att det inte sker någon växelverkan (t.ex. erosion eller gasbildning) mellan härdsmältan och de tryckbärande vägg- eller golvmaterialen i reaktorinneslutningen.

5.7 Utsläpp och stråldoser

I 7 § statsrådets beslut (395/1991) uppges att den exponering för strålning som driften av ett kärnkraftverk orsakar bör hållas så låg som det med praktiska åtgärder är möjligt. Underskridandet av de gränser som ingår i statsrådets beslut (395/1991) och direktiv YVL 7.1 och som presenteras nedan är därmed inte en tillräcklig motivering för att en lösning som väsentligt skulle minska arbetstagarnas eller befolkningens stråldos, eller föroreningen av naturen inte genomförs.

Förväntade driftstörningar

I 10 § statsrådets beslut (395/1991) bestäms följande:

Gränsvärdet för den sammanlagda dosen för en individ i befolkningen under ett års tid från yttre strålning och från radioaktiva ämnen som under samma tid upptas i kroppen till följd av en förväntad driftstörning är 0,1 mSv.

Gränsvärdet gäller den effektiva dosen för en individ i den kritiska gruppen.

Därtill bör man påvisa att befolkningens kollektiva dosinteckning från 500 år inte överskrider gränsvärdet 5 manSv/GWe (per nettoeffekt) som följd av en enskild förväntad driftstörning.

Antagna olyckor

I 11 § statsrådets beslut (395/1991) bestäms följande:

Gränsvärdet för den sammanlagda dosen för en individ i befolkningen under ett års tid från yttre strålning och från radioaktiva ämnen som under samma tid upptas i kroppen till följd av en

antagen olycka är 5 mSv.

Gränsvärdet gäller den effektiva dosen för en individ i den kritiska gruppen. De kollektiva doser som orsakas av antagna olyckor bör också analyseras.

Allvarliga reaktorolyckor

I 12 § statsrådets beslut (395/1991) bestäms följande:

Gränsvärdet för utsläpp av radioaktiva ämnen vid en allvarlig reaktorolycka är det utsläpp som inte orsakar omedelbara hälsoskador för befolkningen i kärnkraftverkets omgivning och inte heller leder till långvariga begränsningar av nyttjandet av vidsträckta land- och vattenområden. För att uppfylla kravet gällande långvariga effekter är gränsvärdet för utsläpp av cesium-137 i atmosfären 100 TBq och totalnedfallet av andra nuklider än cesiumisotoper får under en lång tidsrymd som börjar tre månader efter olyckan inte orsaka större risk än vad ett cesiumutsläpp som motsvarar ovan nämnda gränsvärde utgör.

Möjligheten av att ovan anförda krav som följd av en allvarlig reaktorolycka inte kan uppfyllas skall vara ytterst liten.

6 Definitioner

Situationer där kylmedlet förloras

Med situationer där kylmedlet förloras avses sådana antagna olyckor där man p.g.a. ett läckage i primärkretsen förlorar kylmedel fortare än vad ett tilläggsavvattensystem som planerats med tanke på normala driftsituationer förmår ersätta.

Driftsituationer

Med driftsituationer avses kärnkraftverkets normala driftsituationer och förväntade driftstörningar.

Slutlig värmesänka

Med slutlig värmesänka avses atmosfären, jordmånen samt yt- och grundvattnen dit man överför värme från olika källor i driftsituationer och olyckor.

Normala driftsituationer

Med normala driftsituationer avses att kärnkraftverket fungerar i enlighet med de säker-

hetstekniska föreskrifterna och bruksanvisningarna. Till dem hör också tester, anläggningens uppkörning och avställning, service och bränslebyte.

Förväntad driftstörning

Med förväntad driftstörning avses en sådan avvikelse från normala driftsituationer som är lindrigare än en olycka och som kan antas uppträda en eller flera gånger under en tid av hundra driftår

Olycka

Med olycka avses en sådan avvikelse från normal driftsituation som inte är en förväntad driftstörning. Olyckor indelas i två huvudgrupper: antagna olyckor och allvarliga reaktorolyckor. Antagna olyckor indelas vidare på basis av inledande händelsens förekomstfrekvens i två undergrupper, vilkas kriterier för godkännande presenteras i direktiv YVL 6.2.

Antagen olycka

Med antagen olycka avses en sådan situation som används som planeringsgrund för säkerhetsfunktioner vid ett kärnkraftverk och som kärnkraftverket förutsätts klara utan allvarliga bränsleskador eller så stora utsläpp av radioaktiva ämnen att det blir nödvändigt att vidta omfattande åtgärder i kraftverkets omgivning för att begränsa befolkningens strål exponering.

Bränslets planeringsgränser

Med bränslets planeringsgränser avses de gränser med vilka man strävar efter att hindra bränsleskador vid driftsituationer samt trygga kylningen av bränslet vid antagna olyckor.

Primärkrets

Med primärkrets avses de tryckbärande delarna i reaktorns kylsystem, såsom tryckkärl, rörsystem, pumpar och ventiler eller andra delar som hör ihop med kylsystemet. Primärkretsens gränser definieras i direktiv YVL 2.1.

Planeringsvärden

Med planeringsvärden avses den belastning som används som planeringsgrund för konstruktioner och anordningar. Planeringsvärdena kan variera beroende på om de är definierade med tanke på normala driftsituationer, förväntade driftsituationer eller antagna olyckor.

Konstruktioner, system och anordningar som är viktiga med tanke på säkerheten

Konstruktioner, system och anordningar som är viktiga med tanke på säkerheten är sådana som,

- märkbart kan öka exponeringen för strålning hos arbetstagarna i anläggningen eller befolkningen i omgivningen om det uppstår fel i dem eller om de går sönder.
- förhindrar uppkomsten eller fortskridandet av störningar och olyckor
- har som uppgift att lindra följderna av olyckor.

Säkerhetssystem

Ett säkerhetssystem är ett system som utför en säkerhetsfunktion.

Säkerhetsfunktioner

Säkerhetsfunktioner är sådana med tanke på säkerheten viktiga funktioner vilkas uppgift är att förhindra uppkomsten eller fortskridandet av störningar och olyckor, eller lindra följderna av olyckor.

Allvarlig reaktorolycka

Med allvarlig reaktorolycka avses en situation där en avsevärd del av bränslet i reaktorn skadas.

Enkelfel

Med enkelfel avses ett sporadiskt fel och dess följdverkningar, vilka man utgår ifrån att inträffar antingen vid en normal driftsituation eller utöver en inledande händelse och dess följdverkningar. Mer detaljerade anvisningar angående enkelfel ges i direktiv YVL 2.7.