

# ABM

## ALLMÄNNA BESTÄMMELSER

## FÖR

## MEKANISKA ANORDNINGAR

**Utgåva 5, 2014-02-28**

**Detta dokument är gemensamt framtaget av de svenska kärnkraftsföretagen.  
All uppdatering skall ske i samråd dem emellan.**

Godkänd:

Göran Ekbohm FKA, Erik Lindén OKG, Anders Richnau RAB

Verksförvaltare av PAKT-dokumentet

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>TILLÄMPNINGSOMRÅDE OCH DEFINITIONER .....</b>	<b>5</b>
1.1	INLEDNING .....	5
1.2	SYFTE OCH ANVÄNDNING .....	5
1.3	TILLÄMPNINGSOMRÅDE .....	7
1.3.1	<i>Regelhierarki</i> .....	7
1.3.2	<i>Indelning i säkerhets- och kvalitetsklass</i> .....	7
1.3.3	<i>Indelning i kontrollgrupper</i> .....	8
1.4	DEFINITIONER .....	8
1.5	FÖRKORTNINGAR .....	8
<b>2</b>	<b>GRUNDLÄGGANDE BESTÄMMELSER .....</b>	<b>10</b>
2.1	VILLKOR FÖR ANVÄNDNING AV MEKANISKA ANORDNINGAR .....	10
2.2	TILLÅTNA TRYCK, TEMPERATURER OCH BELASTNINGSVARIATIONER I TRYCKBÄRANDE ANORDNINGAR .....	11
2.2.1	<i>Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer för primärsystemets tryckbärande barriär, RCPB</i> .....	11
2.2.2	<i>Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer i systemdelar ej tillhörande primärsystemets tryckbärande barriär, RCPB</i> .....	13
2.3	UPPFÖLJNING OCH RAPPORTERING AV TRANSIENTA BELASTNINGAR .....	14
2.3.1	<i>Bakgrund</i> .....	14
2.3.2	<i>Förutsättningar</i> .....	14
2.3.3	<i>Bokföring av signifikanta, avvikande drifthändelser</i> .....	14
2.3.4	<i>Bedömning av signifikanta, avvikande drifthändelser</i> .....	15
2.3.5	<i>Sammanställning och redovisning</i> .....	15
2.3.6	<i>Dokumentation</i> .....	16
2.4	UTREDNING, BEDÖMNING OCH RAPPORTERING AV SKADOR .....	17
2.4.1	<i>Bakgrund</i> .....	17
2.4.2	<i>Skadeorsaksanalys</i> .....	17
2.4.3	<i>Skadetålighetsanalys</i> .....	18
2.4.4	<i>Fortsatt drift med skadad anordning</i> .....	19
2.4.5	<i>Rapportering, redovisning</i> .....	20
<b>3</b>	<b>MILJÖ OCH MILJÖPÅVERKAN .....</b>	<b>22</b>
3.1	BAKGRUND OCH SYFTE .....	22
3.2	KEMIPROGRAM .....	22
3.2.1	<i>Utformning av kemiprogrammet</i> .....	22
3.2.2	<i>Dokumentation och utvärdering</i> .....	23
3.2.3	<i>Kvalitetssäkringsprogram för uppföljning av miljö</i> .....	23
3.2.4	<i>Utrustning</i> .....	24
3.2.5	<i>Kemiska produkter</i> .....	24
3.3	KEMISK RENGÖRING/DEKONTAMINERING .....	24
3.3.1	<i>Allmänt</i> .....	24
3.3.2	<i>Dekontaminering</i> .....	24
<b>4</b>	<b>BESTÄMMELSER OM KONTROLL AV ÖVERENSSTÄMMELSE OCH ÅRLIG RAPPORTERING .....</b>	<b>25</b>
4.1	INLEDNING .....	25
4.2	INTYG OM ÖVERENSSTÄMMELSE FÖR ÅTERKOMMANDE KONTROLL .....	25
4.3	INTYG OM ÖVERENSSTÄMMELSE VID ÄNDRINGAR I EN ANLÄGGNING ELLER AV DESS DRIFTFÖRHÅLLANDEN .....	26
4.4	TYPKONTROLLINTYG .....	28
4.5	ÅRLIG RAPPORTERING .....	29
<b>5</b>	<b>UNDANTAG .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>31</b>

- Bilaga 1** Rapportering av skador
- Bilaga 2** Kontroll av överensstämmelse enligt SSMFS 2008:13, 5 kap. 1 §
- Bilaga 3** Kontroll av överensstämmelse enligt SSMFS 2008:13, 5 kap. 2 §
- Bilaga 4** Rapportering enligt SSMFS 2008:13
- Bilaga 5** Degraderingsmekanismer
- Bilaga 6** Effekter av kemiparametrar

**REVISIONSFÖRTECKNING - ABM**

<b>Utgåva</b>	<b>Ändringsorsak</b>	<b>Berörda sidor</b>	<b>Datum</b>
2	Uppdatering på grund av nytilkomna föreskrifter SKIFS 1995:1 och SKIFS 1996:1 samt synpunkter från tillståndshavarna och SAQ Kontroll AB Kärntekniks granskning av utgåva 1		1997-05-01
3	Uppdatering på grund av nya erfarenheter och synpunkter från tillståndshavarna	Se markering i marginalen	1999-05-01
4	Genomgripande uppdatering på grund av ”Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om ändring i kärnkraftinspektionens föreskrifter, SKIFS 2000:2 samt samt synpunkter och erfarenheter från tillståndshavarna.	Till stora delar helt omarbetad	2001-04-01
5	Uppdatering av hela dokumentet map. SSMFS 2008:13 samt modernisering av text.	Hela dokumentet	2014-02-28

# 1 TILLÄMPNINGSSOMRÅDE OCH DEFINITIONER

## 1.1 Inledning

Med anledning av vunna erfarenheter vid tillämpningen av dåvarande Statens Kärnkraftinspektions, SKI, föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar, SKIFS 1994:1, SKIFS 1995:1, SKIFS 1996:1, SKIFS 2000:2 och SKIFS 2005:2 samt behovet av anpassning till nuvarande Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrift SSMFS 2008:13 har föreliggande tillämpningsdokument Allmänna bestämmelser för Mekaniska anordningar (ABM), uppdaterats till utgåva 5.

Tillsammans utgör PAKT dokumenten ABM, TBM, KBM, PBM1, PBM2, TBY och TBV kärnkraftföretagens gemensamma uttolkning för att uppfylla

- kraven i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter SSMFS 2008:13 samt däri hänvisade krav i SSMFS 2008:1 och Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS)
- tillståndshavarnas egna krav

## 1.2 Syfte och användning

De allmänna bestämmelserna för mekaniska anordningar, ABM, avser att klarställa och uttolka krav i SSMFS 2008:13 kapitlen 1, 2, 5 och 6. ABM skall användas som generella riktlinjer för att uppfylla kraven i SSMFS 2008:13 beträffande driftsgränser, uppföljning av belastningar, hantering av skador inklusive rapportering, renhet och processmiljö.

Bestämmelser om återkommande kontroll enligt 3 kap. beaktas i:

- PBM1 - Provningsbestämmelser för mekaniska anordningar
- PBM2 – Kvalificeringsordning för kvalificering av OFP-system i Sverige

Bestämmelser om reparationer, utbyten, om- och tillbyggnader enligt SSMFS 2008:13, 4 kap. beaktas i:

- TBM – Tekniska bestämmelser för mekaniska anordningar
- KBM – Kvalitetsbestämmelser för mekaniska anordningar
- TBY – Tekniska bestämmelser för ytskydd
- TBV – Tekniska bestämmelser för ventilationsanordningar

ABM är kopplad mot SSMFS 2008:13 enligt nedan:

- ABM kapitel 1 svarar mot 1 kap. ”Tillämpningar och definitioner”
- ABM kapitel 2 svarar mot 2 kap. ”Grundläggande bestämmelser”
  - 1, 1a, 1b §§ - Villkor för användning
  - 2, 3 §§ - Driftbegränsningar
  - 5, 6 §§ - Åtgärder vid skada
- ABM kapitel 3 svarar mot 2 kap. ”Grundläggande bestämmelser”
  - 4 § - Driftbegränsningar/Inre och yttre processmiljö
- ABM kapitel 4 svarar mot 5 kap. ”Bestämmelser om kontroll av överensstämmelse samt årlig rapportering”
- ABM kapitel 5 svarar mot 6 kap. ”Undantag”

### 1.3 Tillämpningsområde

SSMFS 2008:13 skall tillämpas på mekaniska anordningar som ingår i primärsystemet, i inneslutningsbarriärer, i säkerhets-, drift- och hjälpsystem vid kärnkraftanläggningar. ABM skall tillämpas för Ringhals 1-4, Oskarshamn 1-3 samt Forsmark 1-3.

SSMFS 2008:13 gäller inte för rörliga maskindelar i pumpar, turbiner, motorer och generatorer, styrdon för reaktivitetskontroll samt för lyftanordningar och lyftredskap.

Föreskriften gäller inte heller för öppna cisterner avsedd för brandfarlig vätska, exempelvis öppna cisterner för bränsle till diesel- eller gasturbinaggregat eller rörledningar för brandfarlig vätska som används mellan objekt som inte är tryck- eller vakuumbärl. Sådana öppna cisterner och rörledningar omfattas av föreskrifter som utgivits i enlighet med förordning SFS 2010:1075. brandfarliga vätskor.

#### 1.3.1 Regelhierarki

**Lag (riksdagen)** Lagen om kärnteknisk verksamhet, SFS 1984:3 (omtryckt SFS 1992:1536)

**Förordning (regeringen)** Förordningen om kärnteknisk verksamhet SFS 1984:14 med bilaga 1993:142 (omtryckt 2008:456)

**Föreskrift** SSMFS 2008:13 med flera.

Innehåller Strålsäkerhetsmyndighetens regler som skall följas av tillståndshavaren

**Allmänna råd** Föreskriftens "gula sidor", vilka visar hur uppgifter kan lösas och vilken nivå som myndigheten anser skall uppnås. Tillståndshavaren får använda alternativa metoder om det kan visas att grundläggande säkerhetsnivå kan uppfyllas.

#### 1.3.2 Indelning i säkerhets- och kvalitetsklass

Enligt SSMFS 2008:1, 2008:17 och 2008:13 skall konstruktionen av strukturer, system och komponenter vara så utformad att kvalitén svarar mot hur viktiga de aktuella funktionerna är ur säkerhetssynpunkt. Detta är också i enlighet med General Design Criteria (GDC) i den amerikanska kärnkraftslagen US 10CFR50 App A.

##### **Säkerhetsklass**

Indelning i säkerhetsklasser sker med utgångspunkt från risken för radioaktivt utsläpp till omgivningen. Säkerhetsklass 1 betecknar de högsta kraven och säkerhetsklass 4 motsvarar "konventionella" krav. Indelningen sker enligt reglerna i standarden ANSI/ANS-52.1 1983 års utgåva för BWR-anläggningar och ANSI/ANS 51.1 1983 års utgåva för PWR-anläggningar.

##### **Kvalitetsklass**

Baserat på säkerhetsklass är mekaniska anordningar indelade i kvalitetsklasser som styr konstruktionskrav och kontrollåtgärder vid reparationer, om- och tillbyggnader. Generella klassningsregler beskrivs i TBM.

### 1.3.3 Indelning i kontrollgrupper

Mekaniska anordningar i kärntekniska anläggningar skall indelas i kontrollgrupper för styrning av omfattning och inriktning av återkommande kontroll utgående från sannolikhet för skada och konsekvens av skada.

Indelningen i kontrollgrupper styrs enligt regler som återfinns i PBM1 eller verkspecifika till SSM anmälda principer, metoder och tillvägagångssätt.

## 1.4 Definitioner

Definitioner som används i samtliga PAKT - dokument (ABM, TBM, KBM, PBM1, PBM2, TBY och TBV) är samlade i ett separat dokument, PAKT definitionslista.

## 1.5 Förkortningar

I tillämpningsanvisningarna förekommande förkortningar anges nedan:

ABM	Allmänna bestämmelser för mekaniska anordningar
AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
AK	Ackrediterat kontrollorgan
AL	Ackrediterat laboratorium
ANS	American Nuclear Society
AO	Ackrediterat organ
ANSI	American National Standards Institute, Inc.
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
BWR	Boiling Water Reactor
CFR	Code of Federal Regulations
CLAB	Centralt lager för använt bränsle
EPRI	Electric Power Research Institute
GDC	General Design Criteria
HAZ	Heat affected zone
HTG	Högsta tillåtna gränsvärde
IGSCC	Intergranular Stress Corrosion Cracking
IASCC	Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking



---

KBM	Kvalitetsbestämmelser för mekaniska anordningar
KTL	Kärntekniklagen
LOCA	Loss of Coolant Accident
NRC	U.S. Nuclear Regulatory Commission
NUREG	NRCs beteckning för deras tekniska dokument
PBM	Provningsbestämmelser för mekaniska anordningar
PWR	Pressurized Water Reactor
PWSCC	Primary Water Stress Corrosion Cracking
RCPB	Reactor Coolant Pressure Boundary
SAR	Safety Analysis Report
SFS	Svensk författningssamling
SKIFS	Statens Kärnkraftinspektions författningssamling
SRP	Standard Review Plan
SSMFS	Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling
STAFS	Styrelsens för teknisk ackreditering och teknisk kontroll författningssamling
SWEDAC	Styrelsens för teknisk ackreditering och teknisk kontroll
TBM	Tekniska bestämmelser för mekaniska anordningar
TBY	Tekniska bestämmelser för ytskydd
TGSCC	Transgranular Stress Corrosion Cracking

## **2 GRUNDLÄGGANDE BESTÄMMELSER**

### **2.1 Villkor för användning av mekaniska anordningar**

Det andra kapitlet i SSMFS 2008:13 utgör en central del av föreskriften. Där anges grundläggande villkor för användning av mekaniska anordningar. Detta gäller särskilt 1 §, 1a § och 1b § som återopas i övriga kapitel och kan ses som den del av föreskriften som anknyter till lagstiftningen (kärntekniklagen och kärnteknikförordningen).

Ytterligare bestämmelser för konstruktion och utförande finns angivna i SSMFS 2008:17. Mekaniska anordningar skall vara konstruerade, tillverkade, installerade och kontrollerade enligt kraven i Tekniska Bestämmelser för Mekaniska anordningar, TBM och Kvalitetsbestämmelser för Mekaniska anordningar, KBM och Tekniska Bestämmelser för ytskydd, TBY.

Mekaniska anordningar skall regelbundet tillses, övervakas och kontrolleras enligt kraven i Provningsbestämmelser för Mekaniska anordningar, PBM1 och Kvalificeringsordning för kvalificering av OFP - system i Sverige, PBM2.

Mekaniska anordningar får endast utnyttjas inom avsett användningsområde och under förutsättning att de genomgått kontroll i tillämplig omfattning samt att intyg om överensstämmelse med SSMFS 2008:13 utfärdats av ackrediterat kontrollorgan.

## 2.2 Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer i tryckbärande anordningar

### Bakgrund

I SSMFS 2008:13, 2 kap. 2-3 §§ anges grundläggande villkor för tryck, temperaturer och belastningsvariationer som mekaniska anordningar får utsättas för. I 2 kap. 2-3 §§ anges driftbegränsningar då villkor beträffande belastningar och variationer avseende tryck och temperatur ej uppfylls. Uppdelning av kraven görs på följande områden:

- Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer för primärsystemets tryckbärande barriär (RCPB), se avsnitt 2.2.1.
- Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer i systemdelar ej tillhörande primärsystemets tryckbärande barriär (RCPB), se avsnitt 2.2.2.

### 2.2.1 Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer för primärsystemets tryckbärande barriär, RCPB

RCPB får inte utsättas för högre eller lägre tryck eller temperatur än vad som anges i konstruktionsförutsättningarna. Inte heller får RCPB utsättas för fler eller större tryckvariationer, mekaniska eller termiska belastningsvariationer än vad som anges i konstruktionsförutsättningarna.

Vid drift utanför tillåtet område eller om belastningar som i konstruktionsförutsättningarna hänförs till ASME Service limits C och D inträffar skall noggrann analys av grundorsakerna göras, konsekvens för berörda anordningar omedelbart utredas och förslag till korrigerande åtgärder tas fram. Tillståndshavaren skall omgående bedöma om anläggningsdelen fortfarande uppfyller krav enligt föreskriften. Analyser, utredningar och förslag skall dokumenteras.

Utöver de belastningar som finns angivna i konstruktionsförutsättningarna definieras ett Högsta Tillåtna Gränsvärde (HTG). Syftet är att ge ett mätbart kriterium på att en inträffad händelse inte har påverkat eller skadat någon barriär. Överskridande av HTG kräver en ny analys avseende barriärens driftklarhet. HTG utgör därmed ett komplement till konstruktionsförutsättningarna och utgör ett kriterium som inte specifikt är relaterat till en viss händelse.

### 2.2.1.1 *Högsta tillåtna gränsvärde (HTG) för reaktortryckkärl*

SSMFS 2008:13, 3 kap. 6 § behandlar Högsta tillåtna gränsvärde (HTG). HTG för reaktortryckkärl avser det högsta tryck reaktortryckkärl får utsättas för i förhållande till aktuell temperatur. Reaktortryckkärl skall ges ett specificerat driftområde så att det i alla driftsituationer uppvisar tillräckliga marginaler mot sprött brott. Hänsyn måste tas till försprödning av reaktortankmaterialet i härdzonen på grund av neutronbestrålningen från reaktorhärden.

Bestämning av HTG baseras på de materialegenskaper som råder vid en given drifttidpunkt. Dessa fastställs genom materialprovningar som utförs enligt ett specifikt surveillanceprogram för respektive aggregat.

Bestämningen av HTG skall beakta driftsituationerna:

- tryck- och täthetsprovning av reaktortryckkärl
- icke kritisk reaktor
- kritisk reaktor, inkluderande ordinarie drift samt värmning och kylning av reaktorn

HTG presenteras som begränsningskurvor med angivande av maximalt tillåtet tryck vid olika temperaturer på mediet i reaktortryckkärl. Detaljerade anvisningar för fastställande av den s.k. HTG-kurvan anges i 10CFR50, Appendix G.

Korrigerings av HTG-kurvan under reaktortryckkärls livstid sker genom att vid planerade tidpunkter, enligt ett surveillanceprogram, prova uppsättningar av provstavar. Dessa är upphängda inuti reaktortryckkärl och har där utsatts för neutronbestrålning på samma sätt som reaktortankmaterialet.

Respektive aggregat skall anmäla surveillance program och metod för utvärdering av bestrålningspåverkan till SSM. Metoden skall vara styrd och enhetlig. Det är möjligt för tillståndshavaren att välja metod för såväl provning som analys. Program för provning ska vara godkända av Strålsäkerhetsmyndigheten. Ändringar i programmen ska vara anmälda till Strålsäkerhetsmyndigheten innan de får tillämpas. Vidare skall respektive verk senast ett år efter uttag av surveillanceprover anmäla vilken HTG som gäller fram till nästkommande provuttag.

Gällande HTG med avseende på temperaturändringshastigheten hos reaktorvattnet anges i respektive anläggningarnas SAR och STF.

### **2.2.1.2 Högsta tillåtna gränsvärde (HTG) för rörsystem tillhörande RCPB**

För rörsystem tillhörande RCPB utgörs HTG av de belastningskombinationer som hänförs till Level A och B Service Limits enligt ASME III NCA-2142.

### **2.2.1.3 Konsekvens vid överskridande av HTG**

Överskridande av HTG är en rapporterbart händelse kategori 1 enligt SSMFS 2008:1, bilaga 1. Det innebär att omedelbar nedgång till kall avställd reaktor (säkert läge) skall ske och att SSM underrättas inom 1 timme (SSMFS 2008:1, bilaga 4, pkt. 1). Innan reaktorn åter får startas skall nödvändiga utredningar genomföras och åtgärder vidtas för att säkerställa att påverkade komponenter är oskadade och att händelsen inte ska kunna upprepas. Utredningarna och åtgärderna skall godkännas av SSM innan reaktorn åter får startas.

## **2.2.2 Tillåtna tryck, temperaturer och belastningsvariationer i systemdelar ej tillhörande primärsystemets tryckbärande barriär, RCPB**

Mekaniska anordningar skall konstrueras enligt krav i SSMFS 2008:13, 4 kapitel. Detaljerade anvisningar i tillämpningsdokument där beräkningstryck och -temperatur anges skall finnas. Anordningarna får inte utsättas för högre eller lägre tryck eller temperatur än vad som anges i konstruktionsförutsättningarna. Inte heller får systemdelar utsättas för fler eller större tryckvariationer, mekaniska eller termiska transienter än vad som anges i konstruktionsförutsättningarna.

Vid drift utanför tillåtet område eller om belastningar som i konstruktionsförutsättningarna hänförs till ASME Service limits C och D inträffar skall noggrann analys av grundorsaker göras, konsekvens för berörda anordningar omedelbart utredas och förslag till korrigerande åtgärder tas fram. Tillståndshavaren skall omgående bedöma om anläggningsdelen fortfarande uppfyller krav enligt föreskriften.

## 2.3 Uppföljning och rapportering av transienta belastningar

### 2.3.1 Bakgrund

SSMFS 2008:13, 2 kap. 3 § och SSMFS 2008:1, 5 kap. ställer krav på bokföring och analys av inträffade transienter för att konstatera att kraftverket drivs inom de förutsättningar som det har konstruerats och analyserats för. Sådan bokföring och analys syftar till att i god tid spåra avvikande trender så att erforderliga motåtgärder kan vidtas.

Verksamheten med bokföring och analys av inträffade transienter benämns transientuppföljning. Bokföring av transienter sker enligt gällande rutiner vid respektive kärnkraftanläggning. Nedan beskrivs hur sådan transientuppföljning normalt bör ske för att den skall uppfylla krav enligt SSMFS 2008:13 och möjliggöra en meningsfull analys av eventuella avvikelser.

### 2.3.2 Förutsättningar

Utgångspunkten för transientuppföljning är det för anläggningen gällande transientunderlaget, som redovisar vilka transienter som verkets komponenter dimensionerats för.

Så länge som driften sker inom det för anläggningen gällande transientunderlagets ramar är normenliga krav uppfyllda vad beträffar transienta belastningar. Syftet med transientuppföljningen är att kontrollera att så är fallet.

Transientunderlaget innehåller förväntade frekvenser för ett antal förutsedda driftshändelser i anläggningen. Exempel på transienter är start från kall reaktor, turbinsnabbstängning, reaktorsnabbstopp och nedgång till kall reaktor.

Utgående från förväntade transienter har utarbetats systemvisa och ibland även komponentvisa belastningsspecifikationer, så kallade belastningsunderlag, som ger en mer detaljerad bild av driftshändelsens konsekvenser för ett visst system eller för en viss komponent.

### 2.3.3 Bokföring av signifikanta, avvikande driftshändelser

Under drift noteras inträffade driftshändelser löpande. Varje driftshändelse jämförs med listan över förväntade transienter och i de fall överensstämmelse föreligger bokförs att en aktuell transient har inträffat. Om någon transient närmar sig sitt budgeterade antal ska detta rapporteras för närmare utredning.

Driftshändelser av signifikant betydelse, som avviker från de förutsedda transienterna, ska dokumenteras för närmare analys. Dokumentationen bör innehålla en beskrivning av händelsens tryck- och temperaturförlopp samt uppgifter om när, hur och varför händelsen inträffade. Signifikanta avvikelser ska utredas omedelbart.

Notering av driftshändelser, identifiering/bokföring av transienter, dokumentation av signifikanta, avvikande driftshändelser samt rapportering skall ske enligt verksspecifika rutiner.

*Anm: Instruktionen bör bl. a. definiera begreppet signifikanta driftshändelser. Vägledning kan erhållas från normenliga tumregler i t. ex. ASME III. Exempel på sådana tumregler är att snabba temperaturändringar som underskrider ca 25°C, temperaturändringar som*

är långsammare än 55°C /h och tryckvariationer som underskrider ca 10 % av konstruktionstrycket ej behöver betraktas som signifikanta.

### 2.3.4 Bedömning av signifikanta, avvikande drifhändelser

Efter att en signifikant, avvikande drifhändelse inträffat skall en utredning göras för att klarställa om säkerheten fortfarande är betryggande, se även avsnitt 2.2. Utredningen bör göras av personal som är väl insatt i hållfasthetsberäkning av kärnkraftkomponenter och som dessutom är väl förtrogen med transientunderlaget.

Utredningen dokumenteras skriftligt för att ingå i en årlig sammanställning och bör innefatta vilka system/komponenter som beaktats, vilka bedömningar som gjorts och vad bedömningarna grundats på. Resultaten skall granskas av anläggningens säkerhetsavdelning, enligt verksspecifika rutiner.

*Anm: Bedömningar kan exempelvis göras enligt följande principer:*

- Fastställ vilken komponent som påverkas mest av drifhändelsen.
- Undersök om händelsen kan likställas med någon specificerad transient för denna komponent. Om så är fallet; antag att motsvarande belastningsfall inträffat och studera effekten enligt "bokföringsprincipen".
- Om händelsen inte kan likställas med någon specificerad transient; gör en separat uppskattning av effekterna på utnyttjningsgraden och kontrollera att tillräckliga marginaler finns.

### 2.3.5 Sammanställning och redovisning

En gång per år eller enligt rutiner vid respektive kärnkraftverk skall en sammanställning av bokförda förväntade transienter och rapporterade signifikanta, avvikande drifhändelser göras.

Sammanställningen skall verifiera att anläggningen drivits inom transientunderlagets ramar och att eventuella avvikande drifhändelser inte inkräktat på marginalerna i oacceptabel utsträckning. Av sammanställningen skall även kunna utläsas ackumulerat antal gånger varje transient inträffat och trender vad avser anläggningens återstående drifttid. Trender som avviker från transientunderlaget bör kommenteras och lämpliga korrigeringsåtgärder föreslås där så bedöms erforderligt.

*Anm: Exempel på tänkbara korrigeringsåtgärder är:*

- Revision av belastningsunderlaget och revision av utmattningsanalyser för komponenter som påverkas signifikant av det ändrade belastningsunderlaget.
- Ändrat driftsätt.
- Reparation eller utbyte av komponenter.
- Förändring av kontrollgruppstillhörighet.

Sammanställningen skall granskas enligt gällande rutiner vid respektive kärnkraftverk och sändas till SSM senast den 1 mars året efter det år rapporteringen avser.

### 2.3.6 Dokumentation

Följande dokumentation avseende transienter skall arkiveras vid anläggningen:

- Utredningar beträffande avvikande drifhändelser
- Årlig sammanställning inkluderande tidigare års transienter
- Redovisning till och eventuella yttranden från strålsäkerhetsmyndigheten



## 2.4 Utredning, bedömning och rapportering av skador

### 2.4.1 Bakgrund

SSMFS 2008:13, 2 kap. 5 § kräver att skador i en mekanisk anordning som kan vara orsakade av eller ha tillväxt på grund av driftsförhållanden skall bedömas, klassificeras, utredas, åtgärdas och rapporteras till SSM.

Av betydelse i sammanhanget är vad som definieras som skada. Slitage, nötning, läckande packningar med mera är normalt inte att betrakta som en skada. Sådan degradering åtgärdas enligt normala underhållsrutiner.

Följande typer av degradering är däremot att betrakta som skador t.ex. utdragna infästningsskruvar till fästplattor, defekter i rörsystem, läckage i rörsystem, stag som är helt eller delvis av. Vid inträffade skador skall alltid skadeorsaksanalyser genomföras.

I gränslandet mellan dessa typer av degradering finns ett antal fall där hanteringen får avgöras från fall till fall. Exempel på detta är deformerade stag, grunda defekter i rörsystem som identifierats vid provning (mindre än detekteringsnivån för provningssystemet), islagsmärken eller bucklor i rör, enstaka skadad skruv i ett skruvförband. För denna typ av degradering kan det räcka att skadeorsaken avgörs och beskrivs i kontrollplanen som upprättas i samband med att skadan åtgärdas. Kontrollplan med skadeorsaksanalys ska granskas av ackrediterat kontrollorgan.

### 2.4.2 Skadeorsaksanalys

En skadeorsaksanalys innehåller en detaljerad genomgång av orsaken till skadan. I samband med skadeorsaksutredningen görs även en kontroll av om det finns liknande objekt som kan ha samma förutsättningar och därmed risk för motsvarande skadebild. Om så är fallet skall de liknande objekten kontrolleras genom att det utförs utökad kontroll. Den utökade kontrollen skall redovisas i skadeorsaksutredningen.

I skadeorsaksanalysen tar man ställning till om den aktuella skademekanismen fortfarande är aktiv eller ej. Är skademekanismen fortfarande aktiv måste det visas att det finns tillräckliga säkerhetsmarginaler för drift till nästa inspektions- eller åtgärdstillfälle. Detsamma gäller om man väljer att lämna kvar skadan. Mer om detta i avsnitt 2.4.3.

Skadeorsaksanalysen skall granskas av ackrediterat kontrollorgan. Detta gäller ej kvalitetsklass 4 besiktningsklass C.

I skadeorsaksanalysen skall det även bedömas om skadan kan ha haft påverkan på omkringliggande strukturer. Om t.ex. en upphängning är skadad så ingår det i redovisningen att visa att inte rörsystemet har tagit skada av det inträffade.

### 2.4.3 Skadetålighetsanalys

Skadetålighetsanalys går i princip ut på att fastställa hur stor en defekt får vara med hänsyn till alla förutsedda belastningar och sedan kontrollera att det inte föreligger någon risk för att defekten uppnår denna storlek under den tid som analysen anger. Beräkningarna kan vara relativt komplicerade och här ges endast en principiell beskrivning av förfaringssättet.

Defektens tillåtna storlek vid nästa planerade inspektions- eller åtgärdsstidpunkt bestäms av hur stora belastningar det betraktade snittet utsätts för och vilka mekaniska egenskaper materialet har. Förändringar i materialegenskaper på grund av bestrålning, temperatur m.m. skall beaktas. Maximala belastningar både vid normal drift och störda tillstånd samt relevanta haverilaster skall beaktas.

Om det inte föreligger någon skademekanism som ger tillväxt under drift kan den upptäckta defekten betraktas som acceptabel om den är mindre än den tillåtna enligt ovan. Det förutsätts att defekten kan storleksbestämmas på ett tillförlitligt sätt, t. ex. både vad gäller djup och längd för en spricka.

Om det föreligger skademekanismer, t ex spricktillväxt på grund av spänningskorrosion eller utmattning, måste den tillväxt som kan ske under den studerade tidsperioden uppskattas och läggas till den upptäckta defektens storlek innan jämförelse med tillåten storlek görs. Villkoret för att den upptäckta defekten skall kunna betraktas som acceptabel för en viss driftperiod är att den inte tillväxer så att den överstiger den tillåtna storleken under denna period.

Använda tillväxtlagar och beräkning av skadetålighet för defekter skall vara granskade av Ackrediterat Kontrollorgan.

Erosionskorrosionsområden kan hanteras enligt de principer som framgår av ASME XI Code Case N-597-2. Det är tillståndshavarens ansvar att det finns metoder för att beräkna godsfortunningshastigheten i erosionskorrosionsområden.

#### 2.4.4 Fortsatt drift med skadad anordning

En anordning i vilken det har uppstått skador får behållas i drift, utan att reparations- eller utbytesåtgärder vidtas, när det har visats att tillräckliga säkerhetsmarginaler finns mot brott samt mot sådana läckage och andra brister som kan påverka säkerheten under den avsedda drifttiden.

Generellt gäller att betryggande säkerhetsmarginaler mot brott eller funktionshindrande läckage anses föreligga så länge som tillämpliga normkrav är uppfyllda.

För att kunna bedöma om tillräckliga säkerhetsmarginaler föreligger för fortsatt drift med skadad anordning under en viss tid ska med utgångspunkt från genomförd skadeidentifiering och skadekartläggning noggranna analyser utföras. Analyserna ska omfatta troliga skademekanismer, eventuella synergieffekter, belastningar enligt aktuella konstruktionsförutsättningar, andra belastningar som kan förekomma, tillväxthastigheter i aktuell miljö och osäkerheter vid bestämning av skadeomfattning.

Använda analysmetoder och förfaranden ska vara validerade eller väl beprövade.

Använda tillväxthastigheter samt tröskelvärden ska vara baserade på realistiska och kvalitetssäkrade data av tillräcklig omfattning. I de fall det inte finns kvalitetssäkrade data i den omfattning som behövs för att kunna dra säkra slutsatser ska försiktiga och konservativa antaganden göras om tillväxthastigheter och tröskelvärden.

Tillämpning av säkerhetsvärderingssystem som beskrivs i brottmekanisk handbok (SSM Rapport 2008:01), [1], och säkerhetsfaktorer enligt ASME XI anses ge tillräckliga marginaler mot brott.

Med läckage som kan påverka säkerheten avses följande:

- läckage i en anläggnings primärsystem
- läckage som kan medföra spridning av radioaktiva ämnen, eller ge upphov till stråldoser, inom och utanför anläggningen, utöver vad som är tillåtet
- läckage som kan ge upphov till ohälsa och olycksfall i övrigt

Med andra brister som kan påverka säkerheten avses följande:

- skador som kan minska anläggningens tålighet mot händelser eller förhållanden som kan påverka barriärernas eller djupförsvarets säkerhetsfunktioner

Vid bedömning av inverkan på anläggningens tålighet kan såväl deterministiska som probabilistiska analyser användas.

Följande gäller för läckage i anläggningens primärsystem:

- Drift med läckage från skada i primärsystemets rörsystem (tryckbärande del) är inte tillåtet
- Drift med läckage från skada härrörande från tätningar, packboxar, flänsar etc. (icke tryckbärande delar) kan vara tillåtet om det inte kan medföra spridning av radioaktiva ämnen inom eller utanför anläggningen eller ge upphov till ohälsa och olycksfall.

Vid verkliga fall kan det ibland vara svårt att avgöra om läckaget härrör från tryckbärande delar (t.ex. rördelar) eller icke tryckbärande delar (t.ex. packboxar eller flänsförband). Drift med skadad anordning, t.ex. läckage i primärsystemet, tillåts viss tid för att identifiera ursprunget under förutsättning att läckaget inte medför spridning av radioaktiva ämnen och inte ger upphov till ohälsa och olycksfall. Vidare får de i de säkerhetstekniska driftförutsättningarna (STF) angivna värdena för identifierat respektive oidentifierat läckage inte överskridas. Rimlig tid för att identifiera och avgöra om ett läckage i primärsystemet härrör från en tryckbärande eller icke tryckbärande del är ett till två dygn.

Följande gäller för läckage i övriga system/systemdelar:

- Drift med läckage från skada kan vara tillåtet om det inte kan medföra spridning av radioaktiva ämnen inom eller utanför anläggningen eller ge upphov till ohälsa och olycksfall i övrigt.

Utredningar, analyser etc. som ligger till grund för fortsatt drift med skadad anordning för såväl primär- som övriga system eller delar av system för att avgöra om tillräckliga säkerhetsmarginaler föreligger ska granskas av ackrediterat kontrollorgan.

#### **2.4.5 Rapportering, redovisning**

Krav på rapportering till SSM gäller för nyupptäckta skador. Detta innebär att skador som konstaterats tidigare och befunnits acceptabla att behålla i drift, inte behöver rapporteras på nytt vid uppföljande kontroll, förutsatt att skadeomfattningen inte ökat okontrollerat/oacceptabelt mellan kontrollerna.

Till hjälp för bedömning av vilka skador som skall rapporteras till SSM har ett flödesschema med ett antal kriterier tagits fram, se bilaga 1. Rapportering sker enligt de rutiner som skall finnas hos respektive verk.

### 2.4.5.1 *Skador i mekaniska anordningar som ska rapporteras till SSM*

Konstaterad driftinducerad skada i en mekanisk anordning som ingår i primärsystemet, i inneslutningsbarriären, eller i säkerhets-, drift- eller hjälpsystem tillhörande mekanisk kvalitetsklass 1-3, 4A samt kvalitetsklass 4 besiktningssklass A och B, skall rapporteras till SSM i de fall skadan:

- Avlägsnas utan efterföljande reparation
- Leder till reparation
- Leder till utbyte
- Leder till begränsad drifttid
- Leder till kortare intervall mellan de återkommande kontrollerna

Normalt rapporteras inte skador i anordningar med  $DN < 50$  som inte tillhör primärsystemet, eftersom dessa inte bedöms påverka någon barriär eller djupförsvaret.

Ej heller rapporteras skador på interna delar i tryckbärande anordningar som inte tillhör primärsystemet, eftersom dessa inte bedöms påverka någon barriär eller djupförsvaret. Med detta avses detaljer innanför det tryckbärande skalet, t.ex. pumpaxel, pumphjul, lager bussningar etc.

För skador på anordningar som har till uppgift att bära mekanisk last, samt hålla eller styra komponenter på avsett vis, måste en bedömning göras med avseende på säkerhetspåverkan och allvarlighetsgrad som underlag för eventuell rapportering.

## 3 MILJÖ OCH MILJÖPÅVERKAN

### 3.1 Bakgrund och syfte

SSMFS 2008:13, 2 kap. 4 § krävställer att en mekanisk anordning inte får utsättas för inre eller yttre miljöer eller annan påverkan som har visats kunna leda till sådan allvarlig korrosiv påverkan för vilken anordningen inte har konstruerats. Vidare att inträffar sådana oförutsedda förändringar av den inre eller yttre miljön som kan leda till skadlig påverkan ska åtgärder snarast vidtas för att undanröja orsaken.

Detta innebär att miljön skall hållas inom sådana begränsningar att gällande bestämning av inspektionsintervall inte påverkas. Om avvikelser sker skall konsekvenserna för inspektionsintervall och skadetålighet bedömas. Orsaken till skadliga miljöer skall undanröjas.

Följande avsnitt beskriver förutsättningar och tillvägagångssätt för att uppnå en vattenkemi som uppfyller kraven i SSMFS 2008:13. Avsnittet beaktar bara aspekter som har direkt påverkan på mekaniska anordningar enligt tillämpningar och definitioner i SSMFS 2008:13. För att kunna utarbeta ett komplett kemiprogram krävs även att påverkan på bränslets integritet, kort- och långsiktig påverkan på dosrater i anläggningen, spridning av aktivitet/kemiska ämnen i och utanför anläggningen, liksom reaktivitetsparametrar som kan påverka reaktorsäkerheten också vägs in.

Vid varje anläggning ska det finnas ett anläggningsspecifikt kemiprogram vilket tar hänsyn till aktuella material och systemuppbyggnad och anger hur kemin skall övervakas, rapporteras, styras och revideras utifrån aktuell kunskap. I ABM finns stöd och underlag för sådana program.

### 3.2 Kemiprogram

Varje kärnteknisk anläggning skall ha ett anläggningsspecifikt kemiprogram. Kemiprogrammet skall innehålla provningsfrekvenser och åtgärdsgränser för kemiparametrar som kan ha skadlig materialpåverkan med hänsyn till driftsätt, systemdesign, konstruktionslösningar och materialval i anläggningen.

Syftet med kemiprogrammet är att säkerställa att anläggningen drivs på ett sådant sätt att risken för skadlig materialpåverkan är minimerad med hänsyn till existerande kunskap.

Ny kunskap och driftsätt som föranleder förändringar i gränsvärden och provningsprogram skall inarbetas på ett kvalitetssäkrat och spårbart sätt.

#### 3.2.1 Utformning av kemiprogrammet

Åtgärdsgränser för kemiparametrar utarbetas av varje kärnteknisk anläggning. Dessa skall utformas efter stationens specifika förutsättningar beträffande konstruktion och materialval samt dess förmåga att ta hand om föroreningar. Vattenkemin skall optimeras med hänsyn till fastlagda inspektionsintervall, aktivitetspridning i anläggningen, omgivningspåverkan och driftförutsättningar. Valet av driftsätt och styrning av vattenkemin kommer också att kunna påverka inspektionsintervall som skall beräknas utifrån en driftstrategi. Detta innebär att vattenkemin för alla driftsituationer noggrant

måste följas upp för att kunna göra korrekta beräkningar av skadetålighet. Vägledning för åtgärdsnivåerna kan hämtas från "EPRI Water Chemistry Guidelines" samt från internt och externt utvecklingsarbete.

Det är varje anläggnings ansvar att kunna identifiera och verifiera den vattenkemi som förekommit. Val av åtgärdsgränser och provningsfrekvenser för kontrollparametrar skall vara väl dokumenterade.

Kemiprogrammet för primärsidan, sekundärsidan och anslutande säkerhetsrelaterade system i PWR- och BWR-anläggningar skall ur ett materialdegraderingsperspektiv innehålla provningsfrekvenser och åtgärdsgränser för minst följande kemiparametrar:

BWR: Konduktivitet, Sulfat, Klorid, Fluorid

PWR Primärsystem: Syre, Väte, Klorid, Fluorid, Sulfat, pH, Litium

PWR Sekundärsystem: Syre, Natrium, Klorid, Sulfat, pH

För ytterligare information om degraderingsmekanismer och bakgrunden till respektive viktiga kemiparametrar hänvisas till bilaga 5 respektive bilaga 6.

### 3.2.2 Dokumentation och utvärdering

Analysresultat för de olika kemiparametrarna skall bedömas i förhållande till klart formulerade kriterier uppställda av tillståndshavaren.

Bedömning av mätvärdena på de olika vattenkemiska parametrarna syftar till att avgöra om vattenkemin uppfyller ställda krav och rekommendationer. Uppföljning av "trendkriterier" skall tillämpas så att avvikelser kan upptäckas innan de har överskridit de krav eller rekommendationer som anges.

Avvikelser från normala stabila förhållanden skall på ett tidigt stadium kunna upptäckas och rapporteras. Ett speciellt program för vilka korrigeringsåtgärder som skall vidtagas så snart värdet på en kontrollparameter avviker från ställda krav och rekommendationer skall utformas.

För att kunna göra bedömningar av kontrollintervall skall uppföljning och årlig utvärdering av driftresultaten göras. Utvärderingen skall bl.a. behandla

- miljöns påverkan på mekaniska anordningar
- skadeutveckling av eventuella skador
- miljöns påverkan på gällande inspektionsintervall

Ovanstående utvärdering skall också ingå i den årliga rapporteringen till SSM, se avsnitt 4.5.

### 3.2.3 Kvalitetssäkringsprogram för uppföljning av miljö

Kemiverksamheten skall ha ett dokumenterat kvalitetssäkringsprogram som ansvaras av personer vilka är väl insatta i verksamheten. Programmet skall säkerställa att man uppnår tillförlitlighet och reproducerbarhet i alla arbetsmetoder som förekommer på kemilaboratoriet. Återföring av resultat från gjorda analyser till driftavdelningen ska ske på ett planerat och dokumenterat sätt.

### 3.2.4 Utrustning

Provtagningsystemen skall vara konstruerade så att det är möjligt att ta ut prover vars kemiska sammansättning är så representativa som möjligt för medierna i respektive system.

Mätinstrument skall vara placerade på sådant sätt att yttre faktorer påverkan på analysresultaten minimeras.

De analysinstrument och mätmetoder som används skall kontrolleras och underhållas regelbundet i enlighet med uppställda krav.

### 3.2.5 Kemiska produkter

Kemiska produkter som innehåller materialpåverkande ämnen skall vara godkända för användning i stationen och hanteras på sådant sätt att risken för skadlig materialpåverkan minimeras.

## 3.3 Kemisk rengöring/Dekontaminering

### 3.3.1 Allmänt

Dekontaminering innebär helt eller delvis avlägsnande av deponerad och oxidbunden aktivitet på systemytor och lyfts i de allmänna råden till SSMFS 2008:13 2 kap. 4 §. Vid dekontaminering skall iaktas särskild uppmärksamhet och noggrann uppföljning för kontroll av att det inte kvarlämnas ämnen som kan ha skadlig påverkan anordningarna. Såväl enskilda komponenter som större systemdelar kan omfattas av dekontaminering.

### 3.3.2 Dekontaminering

All dekontaminering föranleder en bedömning av hur aktuellt dekontamineringsförfarande påverkar konstruktionsmaterialen. Speciellt bör risken för initiering av lokala korrosionsangrepp beaktas. Riskerna med kvarvarande kemikalier efter avslutad dekontaminering bör speciellt beaktas.

Dekontamineringsmetoden som användes skall vara verifierad för de material som omfattas av dekontamineringen. Denna verifiering bör omfatta laboratorieprovningar av samtliga material som omfattas av dekontamineringen, även inkluderande icke metalliska material. Erfarenheter från andra dekontamineringar kan vara en del av ett verifieringsunderlag. I det senare fallet är det viktigt att metoder och material är jämförbara och att resultatet av dekontamineringen styrkts med provningar och analys av efterföljande drift.

En dekontaminering bör förutom verifikation av använd metod åtföljas av sammanställning av använda betingelser och analysresultat, samt program för efterföljande kontroll av dekontaminerad komponent, systemdel eller system.



## 4 BESTÄMMELSER OM KONTROLL AV ÖVERENSSTÄMMELSE OCH ÅRLIG RAPPORTERING

### 4.1 Inledning

För att mekaniska anordningar skall få tas i bruk krävs att intyg om överensstämmelse utfärdas av ett ackrediterat kontrollorgan. Baserat på kraven i SSMFS 2008:13, 5 kap. 1-2 §§, redovisas nedan de villkor som skall vara uppfyllda för att ett ackrediterat kontrollorgan ska kunna utfärda intyg om överensstämmelse efter utförd återkommande kontroll samt efter genomförda ändringar i en anläggning eller av dess driftförhållanden.

Vid serietillverkning kan för vissa anordningar så kallade typkontrollintyg ligga till grund för ackrediterat kontrollorgans utfärdande av intyg om överensstämmelse. Baserat på kraven i SSMFS 2008:13, 5 kap. 3 § redovisas nedan vilka krav som gäller och vilka anordningar som avses.

Tillståndshavarna ska varje år redovisa en rapport med de uppgifter och erfarenheter som vunnits under kalenderåret. Baserat på kraven i SSMFS 2008:13, 5 kap. 4 § görs här en tolkning av vad som bör ingå i en sådan rapportering.

### 4.2 Intyg om överensstämmelse för återkommande kontroll

Vid återkommande kontroll skall tillståndshavare se till att ett ackrediterat kontrollorgan anlitas som:

- granskar att underlag för kontroll av att omfattningen och inriktningen av kontrollen följer ändamålsenliga program (så kallade kontrollprogram) som är baserade på principer och metoder som är anmälda till SSM och att hänsyn har tagits till eventuella beslut som SSM har fattat med anledning av anmalingarna. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 3 kap. 9 §)
- övervakar avsyningar, funktionsprovningar och kontrollerar förreglingar. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 3 kap. 3, 7-8, 9 §§)
- kontrollerar att provningar och andra undersökningar är utförda av ackrediterade provningslaboratorier och att oförstörande provning av reaktortryckkärl och mekaniska anordningar som tillhör kontrollgrupp A och B har utförts med provningssystem som kvalificerade för att upptäcka och karaktärisera samt storleksbestämma de skador som kan finnas i aktuell typ av anordning. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 9-10 §§)
- granskar utredningar som ligger till grund för fortsatt drift med skadad anordning för kontroll av att tillräckliga säkerhetsmarginaler föreligger under den tid som den skadade anordningen avses behållas i drift. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 2 kap. 6 §)

Till grund för sin bedömning har de ackrediterade kontrollorganen tekniska instruktioner som är insynade av styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC).

Om utförda granskningar, övervakningar och kontroller visar att ställda krav är uppfyllda utfärdar ackrediterat kontrollorgan intyg om överensstämmelse.

I bilaga 2 redovisas de aktiviteter omfattande granskningar, övervakningar och kontroller som krävs för att ackrediterat kontrollorgan ska kunna utfärda intyg om överensstämmelse efter utförd återkommande kontroll i tabellform.

### **4.3 Intyg om överensstämmelse vid ändringar i en anläggning eller av dess driftförhållanden**

Vid ändringar i en anläggning eller av dess driftförhållanden skall tillståndshavaren se till att ett ackrediterat kontrollorgan anlitas som granskar konstruktionsspecifikationer och övrigt konstruktionsunderlag.

Med ändringar avses här om- och tillbyggnader, utbyten där den aktuella systemdelens belastningstillstånd kan påverka den tänkta ersättningsanordningens funktion eller konstruktion, utbyten som berör mer än en begränsad del av ett system samt vid avlägsnande av sprickor och korrosionsangrepp utan efterföljande reparation. (Tillämplig paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 2 och 4 §§)

Det ackrediterade kontrollorganet ska kontrollera att:

- den använda kvalitetsklassindelningen är baserad på principer som har anmälts till SSM och att hänsyn har tagits till eventuella beslut som SSM har utfärdat med anledning av gjorda anmälningar. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 1 §)
- tillämpade konstruktionsförutsättningar är anmälda till SSM, mottagningsbekräftade av SSM och att hänsyn har tagits till eventuella beslut som SSM har fattat med anledning av gjorda anmälningar. (Tillämplig paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 4 §)

Vid ändringar, utbyten och andra åtgärder som rör mekaniska anordningar ska tillståndshavaren tillse att ackrediterat kontrollorgan anlitas för att:

- granska belastningsunderlag, hållfasthetsanalyser, kontrollplaner och övrigt underlag. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 1a §)
- genomföra avsyningar under och efter installation, övervakar driftprov och kontrollerar märkning. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 4 kap. 11 och 12 §§)

Med övrigt underlag ovan avses följande:

- Bearbetningsåtgärder vid borttagning av sprickor och korrosionsangrepp utan efterföljande reparation av material eller svetsgods, så kallade båtprover. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 2 §)
- Underlag för reparation av skador. Tillståndshavaren ska även se till att kvalificeringen av reparationsprogram är övervakad och bedömd av ett ackrediterat organ om reparationsåtgärderna berör anordningar som tillhör kvalitetsklass 1 och 2. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 3 §)
- Underlag för utbyten andra än vad som avses i SSMFS 2008:13, 4 kap. 4 §, d.v.s. så kallade 1-1 byten. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 4 kap. 5 och 6 §§)
- Övrigt reparations-, tillverknings- och installationsunderlag för kontroll av svetsning och andra sammanfogningsprocesser. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 7 §)
- Underlag för kontroll av material, formvara och svetsförband för att säkerställa att det inte finns några fel eller avvikelser som har betydelse för säkerheten. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 8 §)
- Underlag som visar att provning vid tillverkning är utförd av ett ackrediterat provningslaboratorium eller av den tillverkande organisationen under stickprovvis övervakning av ett ackrediterat organ. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 9 §)
- Underlag som visar att provning i samband med installation och reparation är utförd av ett ackrediterat provningslaboratorium. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 9 §)
- Underlag som visar att provning av material, formvara och svetsförband är provade med väl beprövade provningssystem, som erfarenhetsmässigt tillförlitligt har visats kunna upptäcka och karaktärisera felaktigheter och avvikelser som reparations- tillverknings- och installationsprocesserna kan ge upphov till. (Tillämpliga paragraf är SSMFS 2008:13, 4 kap. 10 §)

Till grund för sin bedömning har de ackrediterade kontrollorganen tekniska instruktioner som är insynade av styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC).

Om utförda granskningar, övervakningar och kontroller visar att ställda krav är uppfyllda utfärdar ackrediterat kontrollorgan intyg om överensstämmelse.

I bilaga 3 redovisas de granskningar, övervakningar och kontroller som krävs för att ackrediterat kontrollorgan ska kunna utfärda intyg om överensstämmelse vid genomförda ändringar i en anläggning eller ändringar av en anläggnings driftförhållanden i tabellform.

## 4.4 Typkontrollintyg

Vid serietillverkning kan så kallade typkontrollintyg ersätta kontrollplanen som grund för ackrediterat kontrollorgans utfärdande av intyg om överensstämmelse.

Serietillverkningen ska ske på ett styrt sätt och uppfylla kraven i SSMFS 2008:13 med avseende på konstruktion, utförande, tillverkning och installation samt i föreskriften angivna krav på tillhörande kontroll. (Tillämpliga paragrafer är SSMFS 2008:13, 4 kap. 4 och 10 §§)

Med serietillverkning avses löpande tillverkning med fullständig kvalitetssäkring av flera anordningar av samma typ som framställs under en viss period, enligt en gemensam konstruktion och med samma tillverkningsmetoder och kontrollunderlag.

Typkontrollintyg får utfärdas för följande anordningar:

- mindre rördelar (DN <50) med armatur (ventiler, pumpar och kopplingar) till system i kvalitetsklass 1-4
- andra mekaniska anordningar till system i kvalitetsklass 3-4
- sömlösa och kontinuerligt automatsvetsade rör till system i kvalitetsklasserna 1-4 under förutsättning att rören genomgått allkontroll vid tillverkning
- upphängningar till rörledningar

Med allkontroll ovan avses att varje producerad enhet genomgår kontroll enligt ett detaljerat och anpassat kontrollunderlag där provning har utförts av ett ackrediterat provningslaboratorium eller av den tillverkande organisationen under övervakning (stickprov) av ett ackrediterat organ.

Provning av material eller formvara får utföras av den tillverkande organisationen om den tillämpar ett kvalitetssystem för styrning av provningsverksamheten som är certifierad av ett ackrediterat organ.

Provning av material, formvara och svetsförband kan utföras med väl beprövade metoder eller med provningssystem som kvalificerats i tillämplig omfattning.

Typkontrollintyg får inte utfärdas för trycksatta anordningar som tillhör kvalitetsklass 4 och vars brister eller felfunktion inte kan orsaka utsläpp av radioaktiva ämnen. För dessa anordningar gäller arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 1994:4 och 1993:41 (tryckbärande anordningar och enkla tryckkärl) fullt ut, dock med beaktande av SSMFS 2008:13, 4 kap. 4 §.

Till grund för sin bedömning har de ackrediterade kontrollorganen tekniska instruktioner som är insynade av styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC).

Om utförda granskningar, övervakningar och kontroller visar att ställda krav är uppfyllda utfärdar ackrediterat kontrollorgan intyg om överensstämmelse.

## 4.5 Årlig rapportering

Enligt SSMFS 2008:13, 5 kap. 4 § skall tillståndshavaren varje år redovisa en rapport med de erfarenheter som gjorts under kalenderåret och de slutsatser som dragits med anledning av iakttagelser som gjorts vid avsyningar, övervakningar och återkommande kontroller som kan ha betydelse för säkerheten för en viss typ av anordningar, konstruktion eller konstruktionsmaterial.

Syftet med denna rapport är att redovisa gjorda erfarenheter vid den övervakning, fortlöpande avsyning och återkommande kontroll som genomförts under året men även att redovisa resultaten från de analyser som utförts med anledning av gjorda iakttagelser.

Erfarenheterna skall ligga till grund för kort- respektive långsiktiga säkerhetsbedömningar av anordningarna i anläggningen.

I rapporten skall även ingå erfarenheter från andra anläggningar, som bedömts vara av betydelse för den egna anläggningen. Relevansen för den egna anläggningen skall också bedömas.

En samlad redovisning av verksamheten vid en kärnkraftanläggning krävs också enligt SSMFS 2008:1, 7 kap. 3 §. bilaga 4, avsnitt 7. Rapporteringen enligt SSMFS 2008:13, 5 kap. 4 § kan med fördel ingå som en del i denna mera omfattande rapport.

Årsrapporten skall vara Strålsäkerhetsmyndigheten tillhanda senast den 1 mars nästkommande år.

Förslag till innehåll i årlig rapport redovisas i bilaga 4.

## **5 Undantag**

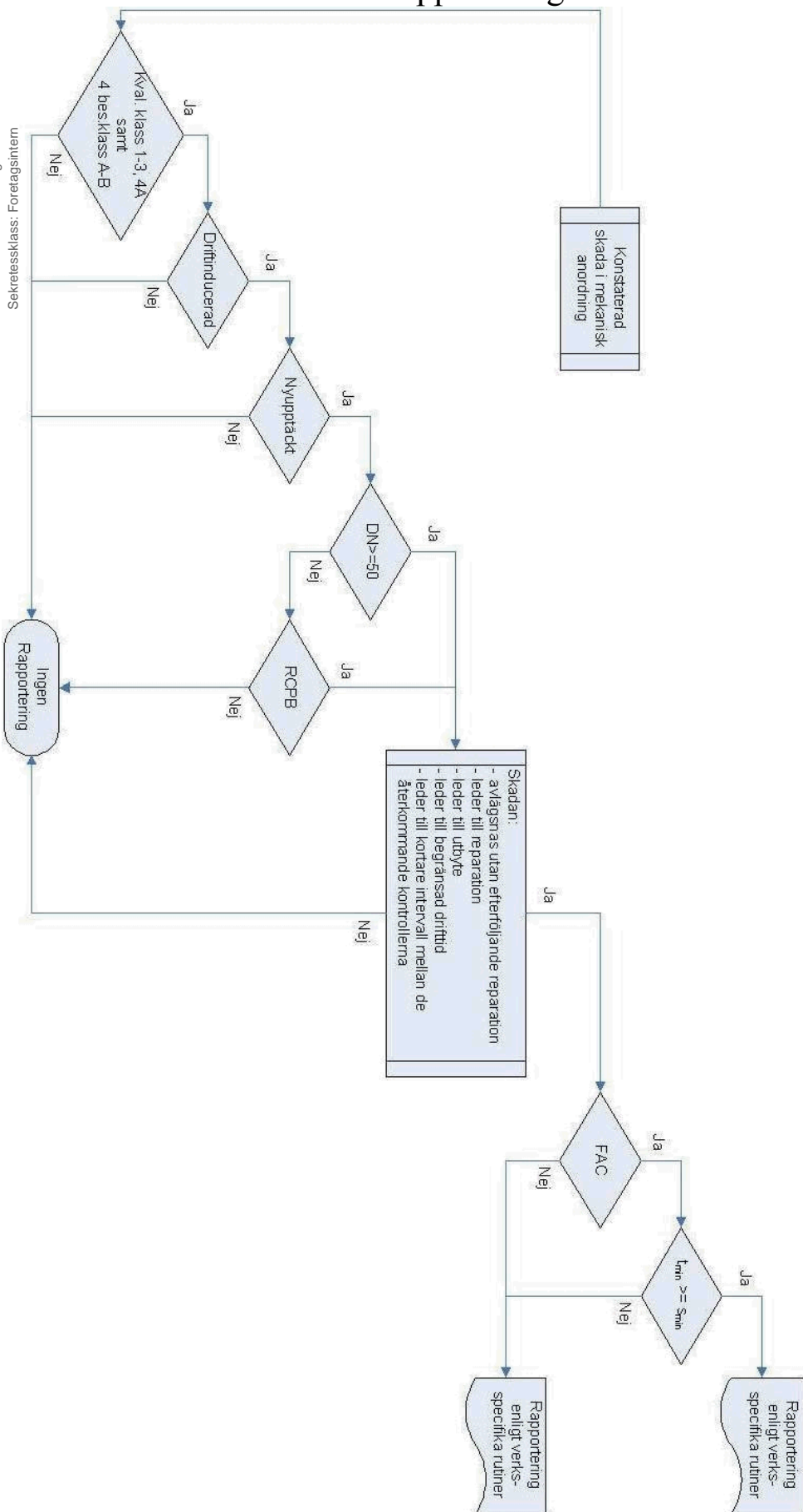
Enligt SSMFS 2008:13, 6 kap. 1 § får SSM medge undantag från föreskriften om särskilda skäl föreligger och om det kan ske utan att syftet med föreskriften åsidosätts.

## 6 REFERENSER

- [1] Brottmekanisk Handbok SSM rapport 2008:1.

# BILAGA 1: Rapportering av skador

## SKADOR I MEKANISKA ANORDNINGAR SOM SKALL RAPPORTERAS TILL SSM





## BILAGA 2: KONTROLL AV ÖVERENSSTÄMMELSE ENLIGT SSMFS 2008:13, 5 KAP, 1§

SSMFS 2008:13	Aktivitet (SSMFS)	Utförs av	Granskas av	Övervakas av
5 kap. 1 §	Underlag för Kontrollprogram (3 kap 9§)	TH	AK	
5 kap. 1 §	Avsyrning (3 kap 3§)	TH	AK	AK
5 kap. 1 §	Funktionsprovning (3 kap 7-8§§)	TH	AK	AK
5 kap. 1 §	Förreglingar (3 kap 12§)	TH		AK
5 kap. 1 §	Provningar, undersökningar (3 kap 10-11§§)	AL	AK	
5 kap. 1 §	Utredning om fortsatt drift med skada (2 kap 6§)	TH	AK	

Tabell 1 **5 kapitlet, 1§.** Aktiviteter för intyg om överensstämmelse vid avsyrning, övervakning och återkommande kontroll. Om dessa granskningar, övervakningar och kontroller visar att ställda krav är uppfyllda utfärdar det Ackrediterade Kontrollorganet intyg om överensstämmelse.

### BILAGA 3: KONTROLL AV ÖVERENSSTÄMMELSE, ENLIGT SSMFS 2008:13, 5 KAP, 2§

SSMFS 2008:13	Aktivitet (SSMFS)	Utförs av	Granskas av	Övervakas av
5 kap. 2 §	Kvalitetsklassning baserad på principer anmälda till SSM (4 kap 1 §)	TH	AK	
5 kap. 2 §	Kontroll av att Konstruktionsförutsättningar (KFM) är anmälda till SSM (4 kap 4 §)	TH	AK	
5 kap. 2 §	Belastningsunderlag, hållfasthetsanalyser och övrigt underlag (4 kap 1a§, 1:a stycket)	TH	AK	
5 kap. 2 §	Avsugning under och efter installation (4 kap 11 §)	TH/AK		
5 kap. 2 §	Driftprov (4 kap 11§)	TH		AK
5 kap. 2 §	Kontroll av märkning (2 kap 6§)	TH	AK	

Tabell 1. 5 kapitlet, 2§. Aktiviteter för intyg om överensstämmelse vid ändring i anläggningen eller dess driftförhållanden samt vid utbyten och andra åtgärder som rör mekaniska anordningar. Om dessa granskningar, övervakningar och kontroller visar att ställda krav är uppfyllda utfärdar det Ackrediterade Kontrollorganet intyg om överensstämmelse.

## BILAGA 4: RAPPORTERING ENLIGT SSMFS 2008:13

Årsrapporteringen till SSM kan ske på olika sätt. En separat rapport kan sammanställas enligt kravet i SSMFS 2008:17, 5kap. 4§, eller så kan rapporteringen ingå som en del i den samlade redovisningen till SSM enligt SSMFS 2008:1, 7kap. 3§ (bilaga 4 pkt. 7). Rapporten ska i alla fall vara SSM tillhanda senast den 1 mars nästkommande år.

### Förslag till upplägg och rubriker för årsrapporteringen enligt SSM 2008:13:

#### 1 Sammanfattning

Följande avsnitt innehåller en sammanställning av samtliga kontroll- och provningsinsatser som genomförts under år 2010. Fortlöpande avsyning och övervakning samt återkommande kontroll har utförts enligt kraven i SSMFS 2008:13, 3kapitlet. Intyg om överensstämmelse enligt SSMFS 2008:13, 5kap 1§ har lämnats av ackrediterat kontrollorgan. Reparationer, utbyten, om- och tillbyggnader av mekaniska anordningar har utförts enligt underlag som uppfyller kraven i SSMFS 2008:13, 4kapitlet. Intyg om överensstämmelse enligt SSMFS 2008:13, 5kap 2§ har lämnats av ackrediterat kontrollorgan. Med hänvisning till ovanstående kan det konstateras att grundläggande villkor för användning av mekaniska anordningar enligt SSMFS 2008:13, 2kap 1§ är uppfyllda.

#### 2 Organisation

- Kortfattad beskrivning av organisationen inklusive kontroll- och provningsorganisation.
- Anmälan om vilka ackrediterade kontrollorgan och ackrediterade laboratorier som använts.

#### 3 Föreskrifter

- Gällande föreskrifter för verksamheten.
- Eventuella tilläggskrav och dispenser.

## **4 Grundläggande villkor för användning, driftsbegränsningar m m**

- Eventuella över/underskridanden av högsta/lägsta beräkningstryck/temperatur.
- Eventuella överskridanden av HTG.
- Eventuella provningsresultat och utredningar i samband med provning av bestrålade provstavar (surveillance-provning).
- Uppföljning av transienta belastningar.
- Förekomst av inre/yttre miljöer som kan leda till korrosiv påverkan som anordningarna inte har konstruerats för att tåla.
- Åtgärder vid skada på mekaniska anordningar genom förekomst av sprickbildning eller annan degradering.

## **5 Fortlöpande avsyning, övervakning och återkommande kontroll**

### **5.1 Fortlöpande avsyning och övervakning**

- Avsyning av anordningar som är åtkomliga under drift.
- Avsyning av anordningar som är inte åtkomliga under drift.
- Resultat av avsyningarna.

### **5.2 Återkommande kontroll**

- Reaktortank
- Interna delar
- Rör och komponenter
- Säkerhetsventiler & sprängbleck
- Reaktorns avblåsningsventiler (314)
- In- och utvändig undersökning
- Tjockleksmätningar
- Driftprov
- Rörupphängningar
- Reaktorinneslutningens metalliska delar
- Funktionsprovning av rörelsedämpare
- Förreglingskontroll

### **5.3 Reparationer och utbyten**

- Uppföljning av skador som har kunnat lämnas utan reparationsåtgärd'

### **5.4 Skaderapportering**

- Skador som har observerats under året
- Åtgärder m.a.p. gjorda observationer

### **5.5 Översyn av kontrollgruppsindelning och kontrollprogram**

### **5.6 Kontroll inför och under uppstart**

### **5.7 Ventilprov under drift**

## **6 Provningsbegränsningar**

## **7 Intyg om överensstämmelse**

## **8 Erfarenhetsåterföring**

### **8.1 Iakttagelser och erfarenheter som kan påverka säkerhetsbedömningen av anordningar och konstruktionsmaterial**

## **9 Förelägganden**

## BILAGA 5: DEGRADERINGSMEKANISMER

### 1 Allmän korrosion

Vid korrosion av metalliska material i vatten eller ånga sker en oxidering av metallerna i materialet och en omvandling av dessa till i första hand metalloxider och metallhydroxider. Allmänkorrosion är beteckningen på korrosionsangrepp som sker jämnt över hela materialytan. På de konstruktionsmaterial som normalt används på primär- och sekundärsidan i BWR och PWR bildas genom initial allmänkorrosion ett tunt oxidskikt (passivskikt) som dämpar ytterligare korrosionsangrepp och materialavverkning. Så länge passivskiktet är intakt och allmänkorrosionen sker långsamt är materialavverkningen försumbar. Normal allmänkorrosion utgör således inget hot mot materialens integritet. Dock bidrar allmänkorrosion av systemytorna i anläggningen till att korrosionsprodukter kontinuerligt tillförs primär- och sekundärvattnet och bidrar till lokala ansamlingar av korrosionsprodukter, vilket kan orsaka lokala korrosionsangrepp i sig självt eller indirekt påverka integriteten genom att ta upp och anrika andra mer korrosiva ämnen.

Förhöjd allmänkorrosion uppträder främst vid förekomst av oxidationsmedel såsom syre och väteperoxid samt vid förekomst av föroreningar i höga halter.

En form av allmänkorrosionsangrepp kan även uppträda lokalt på ånggeneratortuber i områden där föroreningar uppkoncentrerats under korrosionsprodukter som deponerat på tuberna och kan på sikt förorsaka godsförtunning.

Speciellt gäller detta spalter mellan tub och tubplatta, spalter mellan tub och stödplattor och de delar av tuberna som står i kontakt med ansamlat slam på tubplattan.

Denna typ av korrosionsangrepp är mindre vanlig med dagens material, vattenkemistyrning (AVT) och konstruktioner av tubstöd men var tidigare vanligt förekommande i anläggningar där främst fosfat doserades till sekundärsidan. En sur fosfatmiljö uppstod då som förstörde den skyddsoxid som ursprungligen bildats på tuberna.

### 2 Spänningskorrosion

#### IGSCC - Interkristallin spänningskorrosion

Interkristallin spänningskorrosion, IGSCC, kan inträffa i austenitiska rostfria stål och nickelbaslegeringar som sensibiliserats för ett angrepp genom olämplig värmebehandling eller kallbearbetning. Tre krav måste uppfyllas samtidigt i högtemperaturvatten för att fenomenet skall uppstå, nämligen sensibiliserat material, tillräckligt höga belastningar samt en oxiderande miljö.

Sprickor orsakade av IGSCC har tidigare varit relativt vanligt förekommande i BWR. Faktorerna bakom IGSCC är väl studerade. En olämplig påverkan vid exempelvis svetsning leder till att krom binds som kromkarbider i korngränserna där den resterande halten av löst krom blir för låg för upprätthållande av de rostfria egenskaperna. Material med höga halter krom och molybden och med låga kolhalter klarar sig bäst.

Initiering och propagering av IGSCC påverkas kraftigt av föroreningar i reaktorvattnet, då speciellt sulfater och klorider. Vid inträffande av allvarigare kemitransienter i BWR kan tillväxthastigheten öka med en faktor 100 jämfört med när normala kemiförhållande kan

upprätthållas. Låga korrosionspotentialer som uppnås i PWR-miljö och HWC( vätekemi) i BWR ger en väsentlig minskning av föroreningarnas påverkan på materialen.

Placering av IGSCC är vanliga vid svetsskarvar i den värmepåverkade zonen (HAZ) i svetsens omedelbara närhet. HAZ har mycket begränsad utsträckning tvärs svetsriktningen vilket medför att IGSCC i konventionella svetsar i rörsystem endast behöver beaktas parallellt med svetsens längdriktning. I övriga konstruktioner får IGSCC-risken bedömas specifikt med avseende på spänningsnivån i konstruktionen och den lokala miljön. Exempel på det sistnämnda är påsvetsningar (buttringar) med IGSCC-känsliga svetsgods som alloy 182.

### **TGSCC - Transkristallin spänningskorrosion**

Transkristallin spänningskorrosion TGSCC kan uppstå i rostfria material om kloridhalten i vattnet blir hög t.ex. under tranienter med havsvatteninläckage i kondensorn. I sällsynta fall har TGSCC hittats i låglegerat stål, då i samband med aggressiv vattenkemi och höga spänningar. Materialsammansättningen, främst höga halter av svavel som ger en stor areaandel mangansulfider, förväntas ge ökad risk för spänningskorrosion i låglegerat stål. Föroreningar i vattnet som sulfat och klorid ger ökad risk för TGSCC i låglegerat stål. TGSCC har även uppstått på utsidan av rör i fuktig miljö, där klorider har utlakats från isoleringen och succesivt anrikats på rören. Motsvarande ökade risker kan uppstå vid lokal kloridkontamination från anbringande material som rörstöd, tejp och märkning innehållande klorider samt via luftkontamination från havsnära miljöer och brand.

### **IASCC - Bestrålningsinducerad spänningskorrosion**

IASCC-fenomenet betraktas i grunden vara samma fenomen som IGSCC. Den huvudsakliga skillnaden är att den kromutarmade zonen i korngränserna är mycket tunn och framkallas av neutronbestrålningen i stället för av termisk sensibilisering. Det finns ett tröskelvärde vad gäller neutronbestrålning över vilket rostfria stål och nickelbaslegeringar blir känsliga för denna typ av interkristallin korrosion.

Tröskelvärdet skiljer en del mellan olika stål men är något högre i molybdenlegerat material. På samma sätt som för IGSCC är tröskelvärdet för fluensen beroende av den spänningsnivå och den miljö som materialet upplever. Idag finns inga allmänt accepterade formuleringar som beskriver risken för IASCC som funktion av spänning och miljö. Preliminära provningsresultat pekar på att tröskelvärdet för IASCC kan ökas med en faktor 2-3 i BWR vid övergång från normalkemi till vätekemi.

### **IGSCC/IGA i PWR ånggeneratorer**

Interkristallin spänningskorrosion (IGSCC) och korngränsattack (IGA) kan uppstå i PWR-ånggeneratorertuber på sekundärsidan. Angreppen orsakas av föroreningar som koncentreras på områden i ånggeneratorerna där vattenomsättningen är särskilt låg och är främst beroende av inbyggda spänningar i tubmaterialet ihop med dess känslighet för interkristallin attack och temperatur. IGA kan till skillnad från IGSCC även förekomma utan höga spänningar i tubmaterialet.

Speciellt känsliga är de tubdelar som omges av en trång spalt t.ex. vid toppen av tubplattan och/ eller vid stödplåtarna där korrosionsprodukter kan deponera. Här finns en potentiell risk för lokal koncentration av föroreningar till mycket höga halter. Modern ÅG-design har så långt som möjligt eliminerat dessa spalter och därmed kraftigt reducerat

riskerna för IGSCC. Kombinerat med mer resistentare material, som Inconel 690 TT, har utbytesånggeneratorer en avsevärd förbättrad situation med avseende på IGSCC i jämförelse med den traditionella konstruktionen. För kraven på kemistyrning innebär detta att en något liberalare syn på transienta kemiförhållanden möjligen kan tolereras för modernare ånggeneratorer.

### **PWSCC**

Primary Water Stress Corrosion Cracking kan uppträda på primärsidan i PWR. PWSCC kan uppkomma vid höga temperaturer i spänningsskorrosionskänsligt material med höga spänningstillstånd. Speciellt känsliga är U-böjar i de inre tubraderna i ånggeneratorerna (liten krökningsradie), ånggeneratortubernas infästningar i tubplattan och genomföringar i reaktortanklock och tryckhållningskärlet.

## **3 Övriga / Lokala Degraderingsmekanismer**

### **Punktangrepp (Pitting)**

Lokal korrosion i form av punktangrepp kan uppstå på de flesta material där skyddsoxiden skadas och vattenkemin innehåller korrosiva ämnen ihop med en oxiderande miljö. Vanligast är klorid- och sulfatrelaterad pitting som kan uppstå i spalter och under deponat i t.ex. mellankylsystem, brandvattensystem etc. De största riskerna med ”pitting” är att det kan ske vid alla temperaturer och ha en mycket snabb utveckling eftersom omgivande ytor är skyddade och all drivkraft och materialavverknings sker på ett mycket litet område.

Pitting kan även uppstå på PWR ÅG-tuber som står i kontakt med ansamlad slam kring tubstöd och leda till genomgående hål.

### **Borsyrakorrosion**

Borsyra kan förorsaka kraftiga och snabbt utveckla angrepp (allmänkorrosion och punktkorrosion) på olegerade stål i varma och fuktiga miljöer i samband med läckage från PWR primärsystem.

### **Denting i PWR ånggeneratorer**

Denting är en degraderingsmekanism utan att betraktas som ett korrosionsangrepp i sig självt. Denting innebär en uppbyggnad av voluminösa korrosionsprodukter i spalten mellan ånggeneratortuberna och stödplattorna, vilket på sikt leder till höga spänningar och deformation av tuberna. Dessa spänningar kan orsaka att spänningsskorrosionsangrepp enligt tidigare beskrivningar uppstår i ånggeneratortuberna. Som följd av nya konstruktioner för tubstöd är denna typ av korrosionsangrepp numera ovanlig.

### **Korrosionsutmattning**

Begreppet korrosionsutmattning delas upp i en initierings- och en tillväxtedel. Mekaniska anordningar är dimensionerade med tanke på att initiering av sprickor skall undvikas. I konstruktionsskedet tillförsäkrar beräkningsreglerna i ASME att marginalerna mot sprickinitiering innehålls.

Tillståndshavarna skall dessutom vid planering av återkommande kontroll och vid skadeutredningar bedöma hur tänkbara eller konstaterade sprickor kommer att tillväxa. Om en konstruktion utsätts för växlande last kommer sprickor att tillväxa genom så



kallad korrosionsutmattning och spricktillväxt på grund av cykliska laster under samtidig miljöinverkan. Tillväxthastigheten beror på belastningsväxlingarnas storlek, frekvens och aktuell miljö. Teoretiskt ansätts att man för varje belastnings - cykel får en liten tillväxt. Vid tillräckligt låga amplituder på belastningsväxlingarna fås ingen mätbar tillväxt då man når tröskelvärdet för utmattningstillväxt, ofta betecknat med  $\Delta K_{th}$ .

### **Erosionskorrosion**

Uppkomsten av erosionskorrosion bestäms av tre huvudfaktorer:

- Miljö
- Flödes hastighet
- Material

### **Miljö**

Det strömmande mediet gynnar korrosionsangrepp genom upplösning av materialets ytskikt. Graden av korrosiv upplösning är beroende av faktorer som mediets temperatur, pH, syrehalt och konduktivitet.

Erosionskorrosion avtar vid högre pH och syrehalter. Lösligheten för magnetit kan vara upp till två tiopotenser lägre vid pH >9 jämfört med neutralt pH. Av denna anledning pH-regleras sekundärsidan i PWR-reaktorer. Syrehalter som erfordras för att ge ett skydd mot erosionskorrosion är både material- och stationsspecifika. I system där kolstål används fordras 3-4 gånger högre syrehalter för att minimera erosionskorrosionshastigheten i jämförelse med låglegerade stål.

Ovanstående samband gäller för absolut rent vatten. Innehåller mediet förhöjda halter av föroreningar som klorid- och sulfatjoner accelereras magnetitens avverkningshastighet, speciellt vid höga syrehalter.

Erosionskorrosion i tvåfasflöde, som i ångledningarna, är ett mer komplext fenomen och beror bland annat på fukttinnehållet i ångan. Eftersom syre företrädesvis förekommer i ångan kommer halten syre i kondensatet att vara låg vilket därmed skapar förutsättningar för erosionskorrosion enligt ovan.

### **Flödes hastighet**

Erosionskorrosion förutsätter turbulent strömning vilket bestäms av strömningshastighet och geometri. Det är framförallt geometriska diskontinuiteter som rörböjar, T-stycken och strypningar som gynnar turbulens. Avverkningshastigheten accelereras vid högre strömningshastigheter beroende på att upplösningen av metalliskt järn eller magnetit aldrig uppnår jämvikt med omgivande medium.

### **Material**

Härdighet mot mediets angrepp bestäms av stålets legeringsinnehåll. Effekten av erosionskorrosion är störst på kolstål, medan låglegerade stål har avsevärt bättre beständighet. Rostfritt stål anses i det närmaste helt immunt. Kromets gynnsamma inverkan härrör från kromoxidens mycket låga löslighet i vatten.

## BILAGA 6: EFFEKTER AV KEMIPARAMETRAR

Denna bilaga beskriver branschens kunskap om effekter av kemiparametrar i BWR samt PWR primär och sekundärsida främst baserat på vid detta dokumentets fastställande aktuella EPRI Water Chemistry Guidelines.

### Effekter av kemiparametrar i BWR

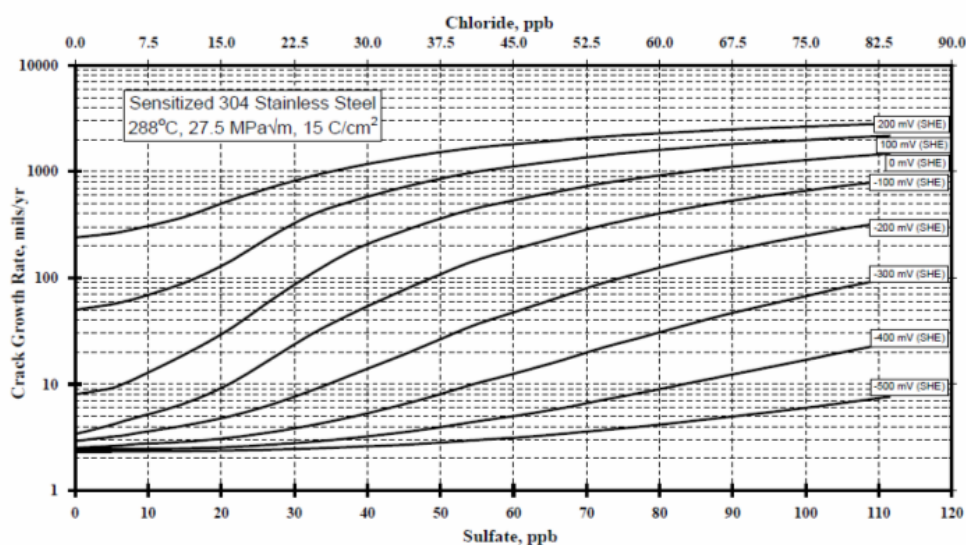
Spricktillväxthastigheten hos spänningskorrosionssprickor beror på faktorer som vattnets konduktivitet och innehåll av oxidationsmedel samt spänningar och materialets sensibiliseringsgrad. Det är känt att det inte går att helt undvika risken för sprickbildning enbart genom att förlita sig på rent vatten. Radiolysen av vattnet vid dess passage upp igenom härden ger en ur spänningskorrosionssynpunkt ogynnsam miljö. Halterna oxidationsmedel blir tillräckligt höga för att risken för spänningskorrosion skall kvarstå även i mycket rent reaktorvatten. Vattnets renhet är emellertid den viktigaste styrparametern för att påverka säkerhet och livslängd på mekaniska anordningar.

### Konduktivitet

Konduktiviteten har sedan lång tid använts som en styrande parameter vid uppföljning av kokvattenreaktorernas miljö och vattnets aggressivitet vad gäller korrosion. Konduktiviteten är ett känsligt mått på närvaron av många föroreningar och är dessutom lätt att följa kontinuerligt. Den skall hållas så låg som möjligt. Höjd konduktivitet är alarmerande och måste alltid resultera i en undersökning om orsaken är inläckage av sulfat eller klorid.

### Sulfat

Sulfat anses ofta vara den ur IGSCC-synpunkt mest aggressiva föroreningen. Vanligen härrör förhöjda sulfathalter från nedbrytning av jonbytarmassa som läckt in i reaktorvattnet. Från genomförda laboratorieprovningar kan man konstatera den dramatiska påverkan sulfat har på tillväxthastigheten för IGSCC, vilket framgår av figur 1.



Figur 1. Spricktillväxthastighet som funktion av sulfat- och kloridhalt [1].

**Klorid**

Närvaro av klorid är den klassiska förklaringen till uppkomsten av lokala korrosionsangrepp som transkristallin spänningskorrosion, punktfrätning och spaltkorrosion. Även interkristallin spänningskorrosion är en form av lokalt angrepp och klorid är även här en mycket ogynnsam förorening. Källan är i första hand eventuellt inläckage av havskylvatten. Påverkan på spricktillväxthastigheten vid kontaminering med klorid är av samma storleksordning som redovisats ovan för sulfat.

På grund av den stora inverkan sulfat och klorid har på initiering och tillväxt skall specifika analyser på dessa föroreningar genomföras regelbundet och orsaker till avvikelser skall åtgärdas omgående.

**Fluorid**

Föroreningar av fluorid i reaktorvattnet accelererar samma typ av korrosionsfenomen som klorid inklusive IGSCC i sensibiliserat austenitiskt rostfritt stål. Det fordras emellertid högre fluoridhalter än kloridhalter för att korrosionsfenomenen skall uppträda. Dessutom kan fluorid förorsaka korrosion på bränslestavarnas kapslings-material, zirkaloy.

**Kromat**

Den största källan till krom i reaktor- och matarvatten härrör från korrosion av de systemdelar som innehåller kromlegerat stål.

I reducerande miljö under HWC-drift förekommer krom i reaktor/matarvattnet som svårlöslig krom (III). Vid övergång till NWC-drift oxideras krom till krom (VI), vilket löser sig lättare i vattnet och ger därmed upphov till konduktivitetsspikar. Forskningsrön har visat att kromat sannolikt inte ger upphov till IGSCC utom vid mycket höga koncentrationer [2]. Emellertid kan kromat öka allmänkorrosionen av zirkaloy.

**Nitrat**

Måttliga nivåer av nitrat, <100ppb, har inte visat någon påverkan på spricktillväxthastigheten. En anledning till detta är att nitrat ej är termodynamiskt stabilt i sprickan (där syretillgången är begränsad), utan reduceras till ammoniak. Mekanismen bakom detta är ej helt kartlagd.

Verk som använder karboxylatbaserad jonbytarmassa i kondensatreningsanläggningen har högre nitralthalter i reaktorvattnet jämfört med verk som använder traditionell, sulfonsyrabaserad massa. Anledningen är att karboxylatmassan är svag katjonbytare och tar inte upp trimetylaminläckage i samma omfattning som stark katjonbytare. Läckaget ger nitratförhöjning i reaktortanken.

**Kisel**

Kisel är en vanlig förorening i reaktorvattnet som i svenska reaktorer förekommer i halter upp till 500 ppb kiseldioxid, SiO<sub>2</sub>. Laboratieförsök har visat att det inte finns någon koppling mellan risken för IGSCC av sensibiliserat rostfritt stål och kiseldioxidhalter < 500 ppb.

**Syre, väteperoxid**

Vid vattnets passage upp genom härden sker radiolys av vattnet varvid främst väteperoxid och syre bildas. De oxiderande ämnena bildas i en mängd som är tillräcklig för att korrosionsprocesser som IGSCC och IASCC skall kunna äga rum i reaktorvattnet.

### **Korrosionspotential i BWR**

Genom tillsats av vätgas i matarvattnet kan halten oxidationsmedel sänkas. När det vätgashaltiga matarvattnet blandas med syrehaltigt reaktorvatten i fallspalten och utsätts för bestrålning sker en reaktion. Överskottet av väte förskjuter radiolys-jämvikten så att halten syre och väteperoxid kan sänkas med ett par tiopotenser. Vätekemi förutsätter god inblandning av vätgas i fallspaltsvattnet och är verksamt först efter vattnets passage ner genom fallspalten. Däremot syresätts vattnet igen vid passagen upp genom härden. I externpumpsreaktorer skyddas därför tankbotten, HC-kretsarna samt system 321, 331 och 354 vid dosering av vätgas till matarvattensystemet. I internpumpsreaktorer skyddas reaktortankbotten och system 331. Med skydd menas här att tillväxthastigheten sänks väsentligt jämfört med situationen utan vätgasdosering. Under vissa förhållanden kan dock tillväxthastigheterna fortfarande vara signifikanta.

Närvaron av ett flertal oxidationsmedel i vattnet innebär att det inte är helt korrekt att exempelvis relatera spricktillväxthastigheten enbart till halten syre. Analysnoggrannheten för syre är dessutom dålig i området under 1 ppb vilket är den aktuella nivån under vätekemi.

Den känsligaste och mest exakta variabeln för att påvisa risk för initiering och tillväxt av miljöbetingade sprickor är i stället korrosionspotentialen, mätt för den aktuella komponenten i det aktuella systemet. Potentialen är en lokal storhet som varierar med halten av oxidationsmedel samt av strömningshastigheten. Exempelvis sönderdelas väteperoxid vid kontakt med rörytor vilket medför att halten i ett system sjunker med avståndet från reaktorn vilket i sin tur påverkar potentialen. För att kunna göra skadetålighetsanalyser måste således den uppmätta eller beräknade korrosionspotentialen relateras till en tillväxtfunktion för spänningskorrosion.

Material som rostfria stål och nickelbaslegeringar skyddar sig mot korrosion genom uppbyggnad av ett oxidskikt, så kallat passivskikt. En praktisk olägenhet med mätningar på sådana material är att potentialen antar ett värde som är tidsberoende. Det kan ta något dygn för potentialen att ställa in sig på ett jämviktsvärde efter en kemitransient av typen avbrott i vätedoseringen.

Mätningar av korrosionspotentialen i cirkulationssystemen i externpumpsreaktorer anses vara representativa för den kemi som råder i reaktortankbotten. Genom att dosera så mycket väte att potentialen i cirkulationssystemen hamnar under -230 mV mot normalvätgaselektroden uppnås att initiering av nya sprickor väsentligen försvåras och att uppkomna sprickor tillväxer med en mycket låg hastighet. Vätgaskemi, HWC, minskar riskerna för alla typer av spänningskorrosion.

Korrosionspotentialen påverkar tillväxthastigheten för IGSCC på ett dramatiskt sätt. I figur 1 visas det principiella sambandet mellan tillväxthastighet och korrosions-potential framtaget i lågflödessystem. Samma utseende och samband finns för olika material. Då känsligheten varierar för olika material kommer absolutvärdena att skilja sig men kurvornas strukturella utseende påverkas inte.

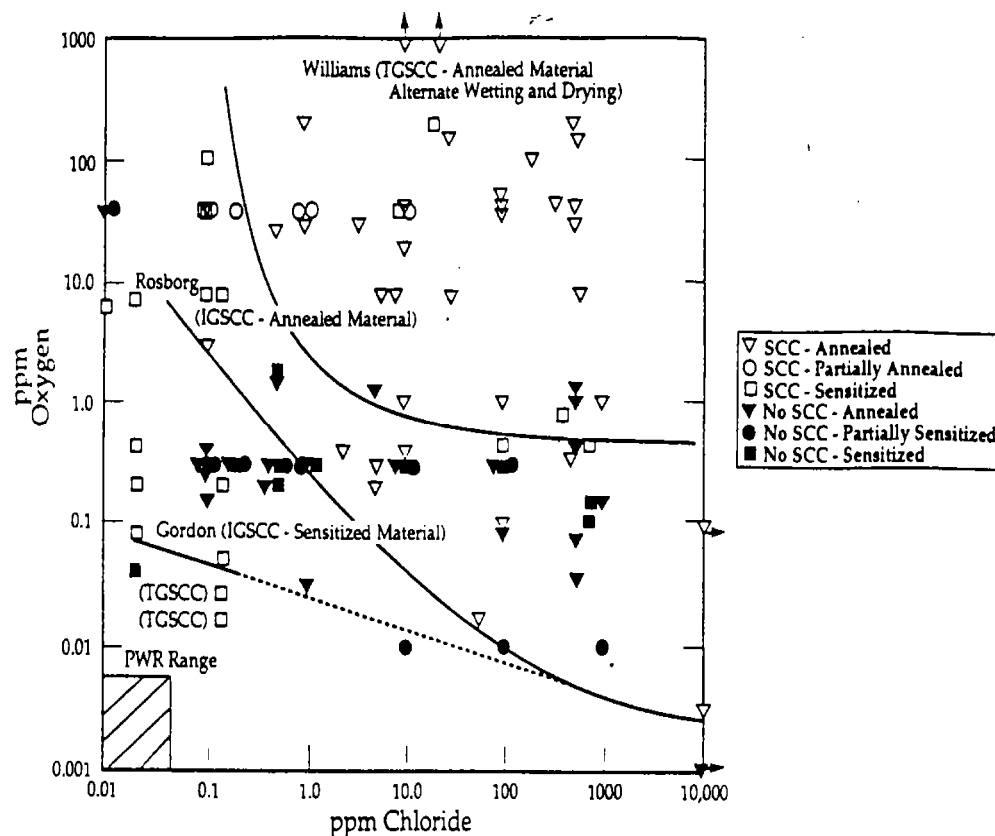
## Effekter av kemiparametrar i PWR Primärsidan

### Löst syre

Förekomst av syre och andra oxiderande specier (ex  $H_2O_2$ ) medför ökad risk för olika spänningskorrosionsangrepp såväl som allmänkorrosion i primärsystemet.

För att minska risken för korrosionsangrepp i primärkretsen skall halten av syre och andra oxiderande specier minimeras vid temperaturer  $>120^\circ C$  och under drift vara så låg att "immunitet" mot spänningskorrosion i austenitiskt rostfritt stål uppnås, figur 2. Detta uppnås normalt genom tillsats av löst väte i reaktorvattnet.

Studier under senare tid pekar på att syrerelaterad spänningskorrosion (SCC) i PWR kan vara mer vanligt än vad man tidigare trott kopplat till områden med stagnenta zoner där syrehaltig miljö från uppstarter/transienter kvarstår vid drift med höga temperaturer. Materialpåverkan av syre vid temperaturer under  $120^\circ C$  är normalt försumbar.



Figur 2. Effekter av syre och klorid på SCC hos austenitiskt rostfritt stål vid hög temperatur [3]

### Löst väte

Vätgas doseras primärt till primärkretsen för att undertrycka bildningen av oxiderande specier från radiolysen och reagera med restsyra som eventuellt tillförs primärkretsen vid borering eller utspädning av bor från andra system. Löst väte ger en låg korrosionspotential som minskar risken för syrerelaterad allmänkorrosion och spänningskorrosion på rostfria och nickellegerade material. Vätgashalten i primärkretsen måste under kriticitet och effektdrift hållas så hög att en tillräckligt låg halt av oxiderande

specier i primärkretsen säkerställs, för detta krävs relativt lite löst väte i vattnet. Senare erfarenheter, [3] indikerar samband mellan vätehalt och spricktillväxt i sprickkänsliga PWR-material vid höga temperaturer där högre vätehalter idag bedöms som fördelaktigt för att minska tillväxthastigheten av redan initierade sprickor, [3]. För initiering är vätehaltens betydelse mindre tydlig.

Styrning av vätgashalten skall ske på ett sådant sätt att ett tillräckligt skydd mot oxiderande specier ges tillsammans med lägsta möjliga spricktillväxt för redan initierade sprickor. Driftområdet måste dock väljas och optimeras med hänsyn till påverkan på bränslekonstruktion och dosratsuppbyggnad i anläggningarna.

### **Klorid**

Vid hög temperatur och närvaro av syre orsakar kloridföreningar i vatten en ökad risk för spänningskorrosion i austenitiskt rostfritt stål (jämför figur 2). Även nickellegeringar som länge ansetts vara mer eller mindre immuna mot SCC anses kunna påverkas i vatten med borsyra, syre och höga halter klorider närvarande, mekanismen anses dock något annorlunda än för normal primärsidig spänningskorrosion (PWSCC), [3].

För att minimera riskerna för sprickbildning i primärsystemet bör kloridkoncentrationen i primärvattnet hållas så låg som det är praktiskt möjligt.

### **Fluorid**

Fluorid i höga halter kan orsaka spänningskorrosion i sensibiliserat austenitiskt rostfritt stål. Kunskapen om hur fluorid påverkar konstruktionsmaterialen i primärmiljö är fortfarande begränsad, varför det bör finnas ett stort mått av konservatism om hur mycket fluoridföreningar som tillåts i primärvattnet. Gränsvärden i samma storleksordning som för klorid har ansatts, vilket delvis föranletts av risken för bränslekapslingskorrosion ihop med fluorbaserade ämnen.

### **Sulfat/svavelföreningar**

För sulfat och de reducerande svavelföreningar som bildas i vätehaltig miljö i en PWR finns data som visar att dessa kan skada/förhindra att effektiva passivskikt byggs upp. Detta innebär teoretiskt att även en sprickspetsyta kan påverkas på samma sätt och accelerera i tillväxt, nickellegeringar har bedömts som mer känsliga än material med högre kromhalt. Svavel har i ett flertal fall detekterats i samband med undersökning av interkristallina defekter men få drifthändelser har praktiskt kunnat kopplas till sulfater eller svavelspecier i PWR-miljö. I enstaka fall har svavelinducerade defekter påvisats vid låga temperaturer. Vanligaste orsaken till höga svavelhalter är läckage av jonbytarmassa till reaktorsystemet som bryts ner i härden.

Med hänsyn till att kunskapen om hur svavelföreningar påverkar konstruktionsmaterialen i primärsystemet är något begränsad och oklar, har ett visst mått av konservatism ansatts för gränsvärden som motsvarar storleksordningen för klorid.

### **Organiskt material**

Organiskt material kan tillföras primärsystemet via spädvatten, driftkemikalier och olika komponenter och smörjmedel för drift och underhåll.

Dessa utgör i sig självt ingen direkt skadlig påverkan på konstruktionsmaterialen då de

bryts snabbt ner i härden men kan då frigöra korrosiva ämnen som klorider och sulfater bundna i det organiska materialet.

### **Bly**

Mycket få undersökningar har gjorts för bly i primärmiljö för PWR varför man i huvudsak baserar erfarenheterna från PWR-sekundärsida. Detta indikerar att bly kan inverka negativt på såväl initiering som propagering av spänningskorrosion men då i halter som normalt inte detekteras i primärmiljö varför specifikationer/gränsvärden inte ansetts nödvändiga.

### **Zink**

Zinkdosering till PWR primärsida har blivit en allt mer vanlig metod för att förebygga sprickor i nya anläggningskonstruktioner och som motmedel mot initiering i såväl äldre som nya anläggningskonstruktioner för PWR. Några påtagliga bevis för att zink skulle nå sprickfronten och reducera spricktillväxt i djupare sprickor finns inte, dock finns anläggningsdata som antyder att en svag men positiv effekt på grunda sprickor i tunna gods som ÅG-tuber [3]. Huvudsaklig drivkraft vid zinkdosering i PWR har varit dosreducering där zinken anses blockera eller byta ut de fria vakanser som finns i spinnellstrukturen och därmed kan blockera eller ersätta  $^{60}\text{Co}$  och  $^{58}\text{Co}$ .

Zink anses även bilda tätare och stabilare oxid ihop med krom som minskar allmänkorrosion/materialavverkning och därmed källtermen som kan aktiveras, detta i synnerhet för stelitmaterial

### **Litium/pH**

Litium i primärvattnet ansågs tidigare kunna accelerera primärsidig spänningskorrosion (PWSCC) i känsliga Ni-baslegeringar men olika provningsprogram under senare år har omvärderat denna riskbild. Litium inom aktuella halter för drift anses idag inte utgöra någon direkt påverkan på varken initiering eller propagering, data indikerar att litiumhalten bidrar till mindre möjlig inverkan än pH, [3]. Maximal litiumhalt begränsas normalt av risker för bränslekapslingens integritet där senare års utveckling av mer korrosionsresistenta kapslingsmaterial medfört acceptans för allt högre halter litiumhalter i reaktorvattnet.

### **pH**

Allmänkorrosion i primärsystemet olika material påverkas av starkt pH och har en signifikant betydelse för materialpåverkan och deponering av korrosionsprodukter på bränsle med riskpåverkan för kapslingskorrosion och radiologisk miljö. Ett så högt pH som möjligt inom aktuella driftbegränsningar anses som klart fördelaktigt.

pH i primärsystemet har historiskt ansetts kunna ha en påverkan på risken för primärsidig spänningskorrosion (PWSCC) i känsliga Ni-baslegeringar. Detta antagande har med åren omvärderats och pH-påverkan anses idag vara marginellt i förhållande till materialets känslighet (inbyggda spänningar) och temperaturpåverkan. Initieringstester i labmiljö (RUB) har i vissa fall visat på något minskade initieringstider vid pH(300C) kring 7,15-7,20, där både högre och lägre pH medfört förbättringar, medan andra tester inte påvisat någon pH-effekt av betydelse. pH-styrning inom normala begränsningar anses inte påverka spricktillväxten i känsliga material, [3]. Driftserfarenheter stöder dessa resultat och inga eller få skador kan relateras till en pH-effekt.



## **Borsyra**

Borsyrahalten styrs primärt av reaktivitetsskäl med små möjligheter att regleras av strukturella skäl. Borsyra kan dock förorsaka kraftiga och snabbt utvecklade angrepp (allmänkorrosion och punktkorrosion) på olegerade stål i varma och fuktiga miljöer i samband med läckage från primärsystemets anslutningar eller skador i ytlegerade områden (cladding).

Borsyrahalten anses normalt inte påverka PWSCC på legerade material vad gäller initiering eller propagering men har i senare laboratorieundersökningar eventuellt visat sig kunna utgöra en möjligt bidragande faktor, om än marginell.

## **Sekundärsidan**

### **Löst syre**

Förekomst av syre eller andra oxiderande specier accelererar såväl allmänkorrosion som olika typ av lokal korrosion av känsliga material i sekundärsystemet. För att åstadkomma minimerad risk för korrosionsangrepp och låg tillförsel av korrosionsprodukter till ånggeneratorerna krävs en noggrann optimering av syrehalten i sekundärsystemen vilket inte alltid innebär att styra mot lägsta möjliga syrehalt.

### **Natrium**

Upprepade tester har visat att koncentrerad alkali, (natrium och även andra alkalimetaller så som exempelvis kalium och litium), kan leda till IGA och SCC för samtliga typer av ÅG-tubmaterial. Om oxiderande beläggningar också finns närvarande kan förloppet gå mycket snabbt, [5]. Natrium och andra alkalimetaller tenderar att anrikas genom s.k. Hide Out i eventuella spalter i ånggeneratorerna och kan där orsaka en kraftig alkalisk miljö.

### **Klorid**

Förekomst av klorid i sekundärsystemet kan orsaka korrosionsangrepp på stål och nickellegeringar. Klorid tenderar att ansamlas i spalter i ånggeneratorerna och där orsaka accelererade korrosionsangrepp vilket kan leda till olika typer av sprickbildning i ånggeneratortuber. Klorid kan även accelerera punktangrepp. Alla ÅG-tubmaterial är känsliga för kloridinducerad pitting under sura oxiderande förhållanden och SCC kan för Alloy690TT material förekomma i ”sura klorider”, det vill säga vid höga kloridkoncentrationer och lågt pH, [5].

### **Sulfat och reducerade svavelföreningar**

Sulfat tenderar att adsorberas på värmeöverförande ytor och anrikas i spalter i ånggeneratorerna vilket kan orsaka korrosionsangrepp på stål och nickellegeringar som ökar risken för sprickbildning i ånggeneratortuber. Svavel i form av sulfat påverkar IGA/SCC av ÅG-tuber allra främst genom sin pH-sänkande effekt. Reducerade svavelföreningar kan påverka bildandet av passiv-skikt på nickelytor och kan även bidra till nedbrytningen av dessa skikt, [5].

### **pH**

pH påverkar allmänkorrosion och lokal korrosion av känsliga material i sekundärsystemen. För att åstadkomma minimerad risk för korrosionsangrepp och låg tillförsel av korrosionsprodukter till ånggeneratorerna krävs en noggrann pH-reglering.

**Korrosionsprodukter/metaller**

Tillförsel av järn och andra korrosionsprodukter till ånggeneratorerna via matarvattnet medför att slam bildas och ansamlas på delar av tubplattan och i andra områden med låg vattenomsättning. I sådana slamansamlingar sker en uppkoncentrerad av föroreningar vilka kan orsaka korrosionsangrepp på ånggeneratorertuber.

Hög tillförsel av koppar till ånggeneratorerna medför att oxider med hög kopparhalt kan bildas på systemytor och i spalter, vilket anses orsaka förhöjd korrosionspotential och ökad risk för korrosionsangrepp.

Bly accelererar korrosionsangrepp på Inconel i alkalisk miljö vilket under vissa förutsättningar kan förekomma i spalter i ånggeneratorerna.

**Referenser till Bilaga 6.**

- [1] BWRVIP-190: BWR Vessel and Internals Project, BWR Water Chemistry Guidelines-2008 Revision. EPRI, Palo Alto, CA: 2008. 1016579.
- [2] EPRI TR-100853 Project C101-17 “The Effect of Chromates on IGSCC in BWR Environments“.
- [3] Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines: Volume 1, Revision 6, EPRI, Palo Alto, CA: 2007. 1014986
- [4] Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines: Volume 2, Revision 6, EPRI, Palo Alto, CA: 2007. 1014986
- [5] Pressurized Water Reactor Secondary Water Chemistry Guidelines-Revision 7, EPRI Palo Alto, CA: 2009. 1016555