



Författare: Fritz Maier

Samråd: Bo Liwång

Fastställd: Jan Hanberg

Åldrande el- och kontrollutrustning i svenska kärnkraftverk inför längre drifttider än de ursprungligt var konstruerade för

Sammanfattning

Strålsäkerhetsmyndigheten har i denna utredning analyserat de åldringsrelaterade delarna av förutsättningarna för att driva de svenska kärnkraftanläggningarna under långa tider (över 50 år) samt bedömt vilka åldringsrelaterade förhållanden som kommer att vara avgörande för bibehållen säkerhet. Utredningen hade även i uppdrag att föreslå olika förändringar i myndighetens tillsyn och föreskrifter med hänsyn till långtidsdrift inklusive utveckling av arbetet med granskning av de återkommande helhetsbedömningarna.

Utredningen omfattar el-, instrumenterings- och kontrollutrustning (I&C).

De svenska kärnkraftanläggningarnas säkerhetssystem och dess kontrollutrustning är nästan helt beroende av elförsörjning. Dessutom är säkerhetssystemen starkt beroende av kontrollutrustningens funktion i sig.



Jämfört med många mekaniska strukturer och komponenter eller byggnadsdelar är felande eller åldrad el- och I&C-utrustning lättare att åtgärda, om problemen är kända, genom utbyten eller större moderniseringsprogram.

Det finns en god kunskap om åldringsfenomen och åldringshantering för el- och I&C-utrustning inom den svenska kärnkraftbranschen. Forskningsprogram och erfarenhetsutbyten pågår på flera håll för att kontinuerligt öka kunskapen inför längre drifttider av befintliga kärnkraftverk.

Sammantaget bedömer utredningen att den åldringsproblematik som förekommer i de svenska kärnkraftanläggningarna avseende el- och I&C-utrustning, omhändertas på ett tillfredsställande sätt. Alla tillståndshavare har en övergripande strategi för åldringshantering dokumenterad i ett åldringshanteringsprogram, vilket bör ge goda förutsättningar för säker drift även vid långa drifttider.

Utredningen bedömer emellertid att det finns ett antal ytterligare förhållanden som är viktiga förutsättningar för om en kärnkraftanläggning kan drivas vidare med bibehållen säkerhet under längre drifttider än de ursprungligen konstruerades för.

När det gäller tillståndshavarna av kärnkraftanläggningar har utredningen lyft upp ett antal områden och åtgärder som är viktiga inom programmen för åldringshantering. Syftet är, att mer effektivt och säkert fånga upp tidiga indikationer på säkerhetsbrister för el- och kontrollutrustning till följd av långa drifttider. Följande förhållanden kan framhållas:

- Utökad analys och uppföljning av kvalificerad livslängd för icke utbytt komponenter, speciellt säkerhetskritiska kablar, genom bland annat ökad statusuppföljning av komponenter och deras omgivningsmiljö. Kontroll på omgivningsmiljö är särskilt viktigt efter effekttökningar för att försäkra sig om att omgivningsmiljön inte är strängare än den initialt antagna.
- Tillgång till bra och kvalitetssäkrade förteckningar över komponenter som genom analyser bedömts kräva åldringshantering och relevant information kopplat till dessa.
- Att komponentutbyten eller uppdaterade miljökvalificeringar sker i rätt tid.
- Översyn och eventuell uppdatering av miljökvalificeringsprogrammen för komponenter för att säkerställa korrekt hantering. Detta kan till exempel gälla metoder för accelererad åldring eller komplettering med tillståndsbaserad kvalificering.
- Mycket god kontroll på reservdelar (status, funktionalitet, kvalitet etc.) för äldre el- och I&C- utrustning.
- Tillämpning av en genomtänkt kunskapsöverföring, dels från egen personal som går i pension och dels från leverantörer av komplex utrustning. När det gäller kunskapsöverföring från egen personal som kommer att gå i pension är frågan högst aktuell.



- God efterlevnad av en väl genomtänkt och anpassad konstruktionsprocess vid utbyten av el- och I&C-system eller utrustning. När det gäller de nya allt mer komplexa och programvarubaserade I&C-systemen som introduceras i samband med moderniseringar, kan förnyade eller förändrade konstruktionsprocesser behöva studeras. För SSM:s del behöver tillsynsstrategin ses över för dessa nya I&C system. Översynen görs lämpligen i en utredning med stöd av forskningsuppdrag. Denna översyn av tillsynsstrategin har även bäring mot eventuella nya kärnkraftverk.

För SSM:s vidkommande rekommenderar utredningen ett antal områden där det behövs utökning eller förändring av myndighetens tillsyn och föreskrifter. Detta berör främst:

- Förtydliganden och utökning av vad åldringshanteringsprogrammen bör omfatta.
- Ökade rapporteringskrav, förslagvis via de årsrapporter som tillståndshavarna enligt SSM:s föreskrifter ska lämna in samt i den återkommande helhetsbedömningen.
- Förstärkt uppföljning av åldringshanteringsprogrammen och resultaten därifrån.
- Ökade insatser avseende granskning av åldringsrelaterade frågor i de återkommande helhetsbedömningarna.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
1. Inledning	6
1.1. Bakgrund	6
1.2. Syfte och uppdrag	7
1.3. Omfattning och avgränsningar	8
2. Utredningsmetod och underlag	9
2.1. Utredningsmetod	9
2.2. Underlag	9
3. Om el- och kontrollutrustning (I&C)	10
4. Nuvarande svenska kravbild	12
4.1.1. Lag	12
4.1.2. SSM:s föreskrifter	13
5. Resultat	15
5.1. Kunskap om åldrande utrustning	15
5.1.1. Allmänt	15
5.1.2. Fysisk åldring	16
5.1.3. Teknologisk åldring – utfasad utrustning	17
5.1.4. När behöver I&C utrustning ändras eller bytas ut	19
5.2. Miljökvalificering och tillståndskontroll	23
5.2.1. Allmänt	23
5.2.2. Miljökvalificering av kablar	24
5.2.3. Kontroll och övervakning av åldrande utrustning	27
5.2.4. Förnyad livslängsanslys (TLAA)	29
5.3. Åldrande kontakter	30
5.3.1. Frågeställningar	30
5.3.2. Studie	31
5.3.3. Studiens resultat och slutsatser	31



5.4. Problematik vid utbyte av åldrad utrustning	33
5.4.1. Frågeställningar	33
5.4.2. Studie	34
5.4.3. Studiens resultat och slutsatser	34
5.5. Åldringshantering.....	36
5.5.1. Allmänt.....	36
5.5.2. Läget på de svenska verken	37
5.6. Hantering av långa drifttider i några andra länder och IAEA rekommendationer.....	39
5.6.1. Sammanfattning	39
5.6.2. Exempel Finland.....	40
5.6.3. Exempel USA.....	41
5.6.4. Exempel från andra länder	42
5.6.5. IAEA rekommendationer och guider	43
5.7. Återkommande helhetsbedömning.....	45
5.8. Standarder inom el och I&C området.....	46
6. Slutsatser och rekommendationer	47
6.1. Resultatsammanfattning och diskussion	47
6.2. Slutsatser och rekommendationer el och I&C.....	52
7. Referenser.....	55
Bilaga 1. Översikt av standarder för elektrisk utrustning och kontrollutrustning (I&C) inom åldringsområdet.....	57



1. Inledning

1.1. Bakgrund

Flera av de svenska kärnkraftanläggningar börjar nu närma sig 40 år, som i regel är den tid för vilken majoriteten av anläggningarnas mekaniska komponenter ursprungligen dimensionerades för. För el och kontrollutrustning kan dimensionerad drifttid (teknisk livslängd) vara kortare än 40 år, eller som det för många komponenter med hårda omgivningsmiljöer är frågan om kvalificerad livstid.

Det svenska regelverket har ingen tidsbegränsning för tillstånd att driva kärnkraftreaktorer. Sedan 2006 är även den är den borte gränsen 2010 för drift av kärnreaktorer borttagen via ändringar i lagen om kärnteknisk verksamhet (1984:3, LKV). Detta har medfört att de svenska reaktorerna kan drivas under *långa drifttider*, längre än ursprungligt planerat och dimensionerat för.

Från och med 2011 kan även nya reaktorer få tillstånd att byggas som ersättning för äldre reaktorer tagna ur drift.

Nuvarande strategi för att säkerställa en säker drift av befintliga kärnkraftanläggningarna inför långa drifttider bygger på att Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) gör återkommande helhetsbedömningar minst vart tionde år samt att tillståndshavarna kontinuerligt ska arbeta med åldringshanteringsprogram. Det internationella begreppet för återkommande helhetsbedömning på engelska är Periodic Safety Review (PSR) vilket fortsättningsvis används i denna rapport.

Underlaget för PSR är enligt LKV den återkommande helhetsbedömningen av anläggningens säkerhet vilken ska skickas in minst var tionde år av tillståndshavaren. SSM beslutar för varje reaktor när näst helhetsbedömning ska redovisas. Den svenska kravbilden redovisas närmare i kapitel 4. I Tabell 1 redovisas när de svenska reaktorerna uppnår sin gränsålder 40 år samt när nästa planerade PSR ska göras.

Många andra länder använder sig av tidsbegränsade tillstånd. För att fortsätta driften under långa drifttider krävs en förnyad säkerhetsprövning för att få förnyad licens, s.k. Licence Renewal (LR). Det internationella begreppet på engelska för långtidsdrift är Long Term Operation (LTO).



Tabell 1, Årtal för 40 års drifttid

Anläggning	Årtal för 40 års drifttid ¹	Nästa helhetsbedömning
Oskarshamn 1	2012	2012
Oskarshamn 2	2015	2020
Oskarshamn 3	2025	2017
Forsmark 1	2020	2018
Forsmark 2	2021	2018
Forsmark 3	2025	2015
Ringhals 1	2016	2015
Ringhals 2	2015	2014
Ringhals 3	2021	2018
Ringhals 4	2023	2018

1.2. Syfte och uppdrag

Utredningen är en delutredning till, ”Utredning av drift av kärnkraftreaktorer längre än ursprungligt analyserad eller konstruerad tid med hänsyn till åldring” inom avdelningen för kärnkraftsäkerhet. Denna ingår i sin tur i en större utredning som är en del av ett regeringsuppdrag (M2010/2046) till SSM. (”Utredning avseende den långsiktiga säkerhetsutvecklingen i den svenska kärnkraften”)

Denna utredning som avser el-, instrumenterings- och kontrollutrustning (I&C) har haft som syfte att kunna ge svar på följande:

- En analys av förutsättningarna för att driva reaktorerna under längre tider (över 50 år).
- En bedömning av vilka huvudsakliga förhållanden som kommer att vara avgörande för om en reaktor kan drivas vidare under långa tider med bibehållen säkerhet.
- Förslag till hur myndighetens tillsyn och föreskrifter kan behöva förändras med hänsyn till långa drifttider. I detta ingår även att ytterligare belysa hur SSM:s arbete med granskning av återkommande helhetsbedömningar behöver utvecklas vidare med hänsyn till åldringsaspekter vid långa drifttider.

¹ Tidpunkten avser tidpunkt sedan start av anläggningen. Sedan start av de olika verken har ett flertal komponentutbyten och moderniseringsprogram genomförts och pågår fortfarande i olika omfattning avseende el- och kontrollutrustning för de olika anläggningarna.



En kort redogörelse om el- och I&C utrustning görs i kapitel 3.

För att få svar på ovanstående frågor har utredningen haft en utredningsplan [2] där ingångsvärden och uppsatta delaktiviteter beskrivits.

1.3. Omfattning och avgränsningar

Den materiel som omfattas av denna utredning är el- och I&C utrustning som har betydelse för säkerheten. Detta är normalt utrustning som tillhör funktionsklass 1E enligt IEEE 308, 603 och 741. Motsvarande klassificering enligt IEC 61226 är A och delvis B. Utredningen skulle om möjligt även studera el- och I&C utrustning vars funktion skall aktiveras vid haverier och olyckor t.ex. utrustning som behövs vid s.k. ”Station Black Out” (SBO) eller ”Post Accident Monitoring” (PAM) utrustning. Det senaste har dock visat sig svårt att explicit finna ut särskilda resultat runt dessa typer av delsystem.

Denna utredning har inte omfattat åldringsfrågor avseende personal och inte heller funktionell åldring. Dessa frågor har dock blivit berörda i den genomförda studien avseende problematik vid utbyte av åldrad utrustning, se avsnitt 5.4.

”Vad medför en kortare livcykler och eventuellt behov av omlicensiering vid införande av digital I&C för tillståndshavare och myndigheten. Frågeställning i samband med de kortare livscyklerna identifierades i åldringsutredningen 2010 [1]. Denna fråga har inte heller försökt att besvaras i nuvarande utredning, då denna kräver ett flerårigt utredningsarbete.

Utredningen har fått kortas ned delvis i bredd och djup på grund av tids- och resursbrist. Den främsta anledningen till detta är Fukushima händelsen i Japan 2011 och att efterföljande stresstester överenskomna inom EU har tagit mycket icke planerade resurser i anspråk på avdelningen för kärnkrafts-säkerhet.



2. Utredningsmetod och underlag

2.1. Utredningsmetod

Basen för denna utredning är den tidigare utredning som genomfördes 2010 inom SSM, "Tillsyn och förutsättningar för långa drifttider av åldrande kärnkraftanläggningar [1]. Den utredningen bygger på litteraturstudier, studiebesök, intervjuer och värderingar av resultat av SSM:s beställda forskningsuppdrag och täcker redan in en stor del av frågeställningarna runt el- och I&C utrustning.

Denna utredning har bedrivits på ett likartat sätt och bygger vidare på ytterligare områden och fördjupade utredningar.

Två studier, vilka bedrivits som forskningsuppdrag, har initierats och slutförts inom nuvarande utredning [5] och [6]. Frågeställningarna identifierades i SSM:s utredning från 2010. Studierna beskrivs närmare i avsnitt 5.2.4 och 5.4.

Uppdaterad och intressant information erhöles även på det av SSM arrangerade underhållsseminariet hösten 2011 för tillståndshavare av kärntekniska anläggningar. Teman var bl.a. frågor runt eventuell underhållskuld, underhåll av åldrad utrustning, kvalitetsåkring vid underhåll och reservdelshållning.

Bo Liwång på enheten för systemteknik har medverkat i avsnittet angående miljöqualificering och frågeställningar om när I&C utrustning måste bytas ut.

2.2. Underlag

Underlaget framgår i texten som referenser och summeras i referenslistan i kapitel 7 samt i bilaga 1 när det gäller en sammanställning av olika standarder inom området.

3. Om el- och kontrollutrustning (I&C)

De svenska kärnkraftanläggningarnas säkerhetssystem och dess kontrollutrustning² är nästan helt beroende av elförsörjning³. Dessutom är säkerhetssystemen starkt beroende av kontrollutrustningens funktion i sig.

För reaktorerna i Ringhals har vissa säkerhetssystem egen ångförsörjning som del av energiförsörjningen för säkerhetssystemen (drift av pumpar). Men i dessa fall finns även elberoendet för kontrollsystemen och övriga säkerhetssystem. För Oskarshamns reaktor 1 finns ett passivt så kallat hjälpkondensorsystem för härdkylning i nödläge. Det fungerar på självirkulation. Systemet är även här beroende av el för att kopplas in (öppna ventiler) men kan även kopplas in manuellt.

Elutrustning, främst kablar är avgörande komponenter för anläggningens elförsörjning. Kablar är även avgörande komponent vid signalöverföring från övervakningssystem (instrument och sensorer) till kontrollsystem och av kontrollsystemen styrd utrustning.

El- och I&C komponenter delas in i olika stränghetsklasser avseende omgivningsmiljö. Utomlands, främst i USA, är uppdelningen gjord i två stränghetsklasser, dels i s.k. sträng miljö (harsh environment) och dels i mindre sträng miljö. I Sverige tillämpar kärnkraftsindustrin tre stränghetsklasser A, B och C enligt tekniska bestämmelser för elektrisk utrustning TBE/KBE [8]. Bestämmelserna vilka även finns för mekanisk utrustning är framtagen av svensk kärnkraftsindustri gemensamt.

För klass A och B är utrustningen placerad utanför reaktorinneslutningen. Klass A gäller där inga varma processsystem är installerade och klass B där varma processsystem är närvarande. För klass B kan dessutom joniserande strålning förekomma. För klass C är utrustning placerad innanför reaktorinneslutningen och utsätts för joniserande strålning. Kablar och även olika kabelgenomföringar delas grovt in i två grupper avseende förläggningssätt, sådana som är svåråtkomliga och sådana som är lätt åtkomliga och utbytbara.

Kontrollutrustningen är i de allra flesta fall inhyst i speciella apparatrum eller i kontrollrum, där miljöförhållandena är kan regleras väl. Detta gör att risken för förhöjd åldringshastighet kan förväntas vara låg. I samband med moderniseringar kan dock ny utrustning placeras på andra ställen där miljö-

² Med kontrollutrustning avses instrumenterings- och kontrollutrustning, I&C (engelsk akronym). Akronymen I&C används i detta dokument om inget annat särskiljande nämns.

³ Den utrustning som behöver elförsörjning kan grovt indelas i tre kategorier:

- el till motorer för att driva pumpar eller andra arbetsmaskiner vilka kräver mycket effekt, t.ex. elmotor till matarvattenpump.
- el till manöverorgan av olika slag, t.ex. för att öppna eller stänga ventiler
- el till I&C utrustning, t.ex. neutronflödesmätare eller reaktorskyddssystemet

De olika kategorierna kan ha olika säkerhetsklass beroende på avsedd funktion och betydelse för säkerheten.



förhållandena är strängare. Modern mikroelektronik är också, jämfört med traditionell utrustning, mer känslig för olika miljöbetingelser som t.ex. värme eller strålning. Instrumenterings- och kontrollutrustning kännetecknas också av att den mestadels är lätt att byta ut. Exempel på el- och I&C utrustning som åldras och kan komma i fråga för utbyte redovisas i Tabell 2 Exempel på el- och I&C utrustning.

Man kan sammanfatta med att felande el- och I&C utrustning kan ge omedelbara effekter på säkerheten men att det är uppenbart lättare att åtgärda de flesta problemen, om de är kända, jämfört med vissa mekaniska strukturer, komponenter eller byggnadsdelar.

Tabell 2 Exempel på el- och I&C utrustning

Elutrustning	Instrumentering & kontrollutrustning (I&C)
Högspänningsställverk	Givare
Lågspänningsställverk	Strålningsmätare
Transformatorer	Transmittrar
Generatorer	Datorer (inklusive programvara)
Elmotorer	Kretskort
Kraftelektronik	Signalbehandlingsutrustning
Kraftkablar	Kontrollrumsutrustning
Signalkablar	Presentationsutrustning av olika slag
Kontakter av olika slag	Inmatningsutrustning
Omkopplare	Reläer
Korskopplingar	Förprogrammerade logikkretsar
Regulatorer	
Ventilmanöverdon	

4. Nuvarande svenska kravbild

Den kravbild som berör åldring och långtidsdrift återfinns i lagen om kärnteknisk verksamhet (LKV) och i SSM:s föreskrifter vilka redovisas i nedanstående avsnitt. Kraven på tillståndshavarnas återkommande helhetsbedömningar (PSR) återfinns sedan 2011 i LKV. För el- och I&C utrustning finns övriga krav i SSM:s två portalföreskrifter för kärnkraftverken,

- Föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar, SSMFS 2008:1, inklusive allmänna råd. Föreskriften har uppdaterats i en konsoliderad version 2011.
- Föreskrifter om konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer, SSMFS 2008:17, inklusive allmänna råd.

Det ska också påpekas att för el- och I&C utrustning finns för närvarande inga egna föreskrifter, liknande de som finns för mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:13), vilket är fallet i flertal andra länder. Se även avsnitt 5.6 angående internationella exempel. Avsaknaden av regelverk för el- och I&C-utrustning har även uppmärksammats av IAEA som exempel i slutrapporten från den under februari 2012 genomförda IRRS granskningen av SSM.

4.1.1. Lag

Allmänna skyldigheter för tillståndshavare

Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (LKV),

10 § Den som har tillstånd till kärnteknisk verksamhet ska svara för att de åtgärder vidtas som behövs för

1. att med hänsyn till verksamhetens art och de förhållanden under vilka den bedrivs upprätthålla säkerheten,

Återkommande helhetsbedömning av anläggningens säkerhet och strålskydd

10 a § Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnteknisk anläggning ska minst vart tionde år göra en helhetsbedömning av anläggningens säkerhet och strålskydd. Bedömningen ska göras med hänsyn till utvecklingen inom vetenskap och teknik. Den ska innehålla analyser och redogörelser av

1. på vilket sätt anläggningens konstruktion, funktion, organisation och verksamhet uppfyller kraven i denna lag, miljöbalken och strålskyddslagen (1988:220) samt föreskrifter och villkor som har beslutats med stöd av dessa lagar, och

2. förutsättningarna för att dessa föreskrifter och villkor ska kunna uppfyllas fram till nästa helhetsbedömning.

Helhetsbedömningen och de åtgärder som denna föranleder ska redovisas till den myndighet som avses i 16 §. *Lag (2010:948).*



10 b § Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela ytterligare föreskrifter om

1. innehållet i en bedömning enligt 10 a §, och
2. att en bedömning enligt 10 a § av säkerhetsskäl ska göras oftare än vart tionde år. *Lag (2010:948).*

10 c § Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela föreskrifter om undantag eller i det enskilda fallet ge dispens från kraven i 10 a §. Sådana undantag och dispenser får endast avse kärntekniska anläggningar där den risk som är förenad med anläggningarna är liten. *Lag (2010:948)*

4.1.2. SSM:s föreskrifter

4 kap. 4 § SSMFS 2008:1

Återkommande helhetsbedömning av anläggningens säkerhet och strålskydd

Strålsäkerhetsmyndigheten bestämmer för varje anläggning den närmare tidpunkten för redovissning av helhetsbedömningen.

Program för underhåll, fortlöpande tillsyn och kontroll samt hantering av åldersrelaterade försämringar och skador

5 kap. 3 § SSMFS 2008:1 om att byggnadsdelar, system, komponenter och anordningar av betydelse för säkerheten vid en anläggning ska fortlöpande kontrolleras och underhållas på ett sådant sätt att de uppfyller de säkerhetskrav som ställs. För detta ska det finnas program för underhåll, fortlöpande tillsyn och kontroll samt hantering av åldersrelaterade försämringar och skador.

Programmen ska genomföras med metoder som är validerade för sina ändamål. Mät- och provningsutrustning ska hållas kalibrerad i enlighet med fastställda instruktioner.

Programmen ska vara dokumenterade samt ses över och uppdateras mot bakgrund av vunna erfarenheter och utvecklingen inom vetenskap och teknik.

Allmänna råd till 5 kap. 3 § SSMFS 2008:1 om att programmet för hantering av åldersrelaterade försämringar och skador bör omfatta identifiering, övervakning, hantering och dokumentering av alla de åldersmekanismer som kan påverka byggnadsdelar, system och komponenter och andra anordningar som har betydelse för säkerheten.

Ytterligare vägledning om underhåll och hantering av åldersrelaterade försämringar finns i IAEA:s säkerhetsstandard om underhåll, kontroll och provning av kärnkraftanläggningar (senaste utgåva av IAEA Safety Guide NS-G-2.6)



Anläggningens konstruktion

3 kap. 1 § SSMFS 2008:1 2:a stycket Om att anläggningen ska vidare vara konstruerad på ett sådant sätt att de system, komponenter och anordningar som behövs med hänsyn till säkerheten är möjliga att underhålla, kontrollera och prova.

Allmänna råd till 3 kap. 1 § SSMFS 2008:1 om att de konstruktionskrav som nämns i föreskriften är av grundläggande karaktär och bör i tillämplig omfattning beaktas vid varje konstruktion, såväl innan en anläggning tas i drift som vid senare anläggningsändringar.

Uppgifter i säkerhetsredovisningen

Bilaga 2 till SSMFS 2008:1 om att säkerhetsredovisningen för en anläggning ska inkludera en redovisning av organisation och principerna för ledning och styrning av, bl.a. underhållsverksamheten, fortlöpande tillsyn och kontroll samt hanteringen av åldersrelaterade försämringar och skador.

Allmänna råd till bilaga 2 till SSMFS 2008:1 om att i redovisningen av underhållsverksamheten, fortlöpande tillsyn och kontroll samt hanteringen av åldersrelaterade försämringar och skador bör det dessutom ingå en beskrivning av principerna för bl.a. förebyggande underhåll och avhjälpande underhållenligt 5 kap. 3 §, genomförandet av periodisk provning och funktionskontroll enligt 5 kap 3 §, den samlade åldringshanteringen vid anläggningen enligt 5 kap. 3 §.

Miljötålighet och miljöpåverkan

17 § SSMFS 2008:17 om att barriärer och utrustning som tillhör reaktors säkerhetssystem ska utformas så att de tål miljöbetingelser som de kan utsättas för i de situationer då deras funktion tillgodoses i reaktorns säkerhetsanalys.

Allmänna råd till 17 § SSMFS 2008:17 om att kravet innebär att byggnadsdelar, system, komponenter och anordningar som ingår i säkerhetssystem ska vara miljöqualificerade (se senare avsnitt). Förekommande miljöer som kan påverka säkerhetssystem bör följas upp så länge systemen utnyttjas för sina ändamål.

Vid miljöqualificering av elutrustning i säkerhetssystem bör de principer för hantering av åldring tillämpas som anges i IEC 60780, US NRC Reg. Guide 1,89 eller IEEE 323. Därvid bör accelerationsfaktorer för termisk åldring större än 250 ggr, joniserande strålning med en varaktighet understigande 10 dygn eller en doshastighet större än 5 Gy/h undvikas eller resultatets tillämplighet särskilt kunna motiveras.



5. Resultat

5.1. Kunskap om åldrande utrustning

5.1.1. Allmänt

IAEA: grundkoncept

IAEA delar i sitt grundkoncept in åldringsproblematik i två områden [4]:

- Fysisk åldring
- Teknologisk åldring (eng. obsolescence)

Se vidare i de två nästkommande avsnitten för en förklaring och fördjupning för respektive område. Åldringshantering som sådan redovisas i avsnitt 5.5.

Det krävs en regelbunden utvärdering av vilken samlad påverkan dessa två åldringsområden har på kärnkraftanläggningarnas säkerhet. Den regelbundna utvärderingen sammanfattas sedan i PSR och eventuella åtgärdsprogram samt i förekommande fall även SAR.

För att uppnå en effektiv åldringshantering är det viktigt att förstå den samlade åldringsproblematiken vilket uppnås genom kunskap om:

- Konstruktionsförutsättningarna inklusive standards och normer
- Säkerhetsfunktioner
- Hur anläggningen är byggd (inklusive materiel- och leverantörsdata samt underhållsförutsättningar)
- Tillämpad miljöqualificering
- Drift- och underhållshistorik
- Generella och anläggningsspecifika drifterfarenheter
- Forskningsresultat relevanta inom området
- Data och trendinformation från underhåll, inspektioner och tillståndskontroll

Sammanfattning

Det kan med stöd av SSM:s utredning 2010 [1] samt ytterligare litteraturstudier konstateras att det finns en god kunskap om åldringsfenomen och åldringshantering för el- och I&C utrustning inom kärnkraftbranschen. Dessutom pågår flera internationella forskningsprogram och erfarenhetsutbyten inom ramen för IAEA och OECD/NEA för att kontinuerligt öka kunskapen inför allt längre drifttider för befintliga kärnkraftverk. Fokus ändras från att skapa förståelse för åldringsproblematik till att förbereda åldringsprogram och ta fram komponentspecifika riktlinjer samt att senare stötta länder i implementeringen av dessa riktlinjer.



Normalt har åldringsfrågor för mekaniska och elektriska komponenter handlat om fysisk åldring. En av lärdomarna från de utländska erfarenheterna är att även teknologisk åldring numera har blivit mer och mer uppmärksammat. Det gäller framför allt för I&C utrustningar (se vidare avsnitt 5.1.4).

5.1.2. Fysisk åldring

Fysisk åldring av el- och I&C-utrustning är ett område som det lagts ner mycket tid på genom forskning och erfarenhetsåtermatning för att förstå dess mekanismer och konsekvenser. Kunskapsnivån får anses som mycket god, men uppföljning och förnyad forskning måste vidmakthållas då nya material och tekniker introduceras eller för att öka kunskapen ytterligare för höjd säkerhet.

Fysisk åldring för utrustningar och dess komponenter innebär en över tiden gradvis förändring av materiella egenskaper. Normalt rör det sig en gradvis försämring av egenskaperna eller direkta skador vilka kan försämrans säkerheten om inte olika motåtgärder vidtas.

Dessa försämringar är av en typ som slår mot alla likartade komponenter, vilket är en form av fel med gemensam orsak (common cause failure, CCF). Detta kan medföra att redundanta utrustningar (flerfaldiga utrustningar som utför samma funktioner) alla kan slås ut samtidigt. Därför krävs ökad vaksamhet för åldringpåverkan vid sådana konstruktionslösningar.

De främsta orsakerna till fysisk åldring för el- och I&C är relaterade till omgivningsmiljön så som:

- Temperatur
- Fukt
- Joniserande strålning
- Kemisk omgivning
- Mekaniska vibrationer

Hur fort en komponent åldras beroende på dess omgivningsmiljö beror även på komponentens uppbyggnad och materialsammansättning. Polymerer är särskilt känsliga för olika miljöfaktorer.

Även ren mekanisk förslitning räknas som fysisk åldring. Likaså kan elektriska komponenter åldras snabbare om de används utanför sina specificerade användningsområden.

Det finns ett flertal skrifter utgivna och nya tillkommer regelbundet, vilka behandlar åldringsmekanismer för olika typer av komponenter och dess konsekvenser. Här ges ett par exempel:

- IAEA TECDOC 1147 [9] hanterar I&C utrustning
- IAEA TECDOC 1188 [10] hanterar I&C kablar
- US NRC Generic Aging Lessons Learned (GALL) NUREG 1801 [11]
- IAEA Generic Aging Lessons Learned (arbete pågår) [12]

- OECD/NEA SCC and Cable Ageing Project (SCAP) [13]

En specifik frågeställning avseende fysisk åldring som identifierades i SSM:s utredning 2010 var eventuella problem med olika elektriska kontakter av olika slag inom de svenska kärnkraftverken. En av anledningen är att kontakter som inte går till eller från när de ska, signifikant kan påverka säkerheten. Många kontakter används inte regelbundet i säkerhetssystemen då de ju endast behövs för sin säkerhetsfunktion. Därför identifierades det som intressant att få veta mer om statusen för populationer av olika typer av kontakter efter långa drifttider. För att försöka få svar på frågeställningar runt eventuella kontaktproblem har en studie genomförts under 2011, se vidare i avsnitt 5.3.

5.1.3. Teknologisk åldring – utfasad utrustning

Teknologisk åldring innebär att det blir svårare att reparera och hitta reservdelar. I många fall har tillverkningen upphört (utfasad). Även kompetens för en viss teknik kan försvinna i och med att personal går i pension. Teknologisk åldrad utrustning brukar även benämnas obsolet från engelskans obsoleto. I en IEC standard som upptagits som svensk standard kallas teknologisk åldring för utfasning (se nedan). IAEA Guiden NS-G-2.12 om åldringshantering [4] ger följande beskrivning av teknologisk åldring (eng. obsolescence management).

System eller komponenter föråldrade avseende:	Problemyttring	Konsekvens	Hantering
<i>Kunskap</i>	Kunskap om gällande standarder, teknik och föreskrifter om komponenter eller systemet är föråldrat	Minskade möjligheter till säkerhetsförbättringar. Minskad förmåga för långtidsdrift (LTO)	Kontinuerlig uppdatering av kunskap och förbättring av tillämpningen
<i>Standarder och Föreskrifter</i>	Avvikelse från nuvarande föreskrifter och standarder, hård- och mjukvara, konstruktionssvaghet	Säkerhetsnivån blir lägre än föreskrifter eller standarder. Minskad förmåga för långtidsdrift (LTO)	Systematisk och upprepad utvärdering av anläggningen mot gällande standarder och ändamålsenliga uppgraderingar, moderniseringar och tillägg.



System eller komponenter föråldrade avseende:	Problemyttring	Konsekvens	Hantering
<i>Teknik</i>	Brist på reservdelar och eller teknisk support Brist på leverantörer och/ eller för- mågor inom industrin som kunskaper eller data om äldre utrustning.	Ökad felfrekvens, vilket ger försämrad säkerhet och minskad produktion. Minskad förmåga för långtidsdrift (LTO)	Systematisk identifiering av utnyttjningsbar drifttid uppskattad teknologisk åldring av komponenter och system. Förrådshålla reservdelar och i god tid planera för utbyte av komponenter. Långsiktiga kontrakt med leverantörer. Framtagning av ersättningskomponenter.

Standard för ”Obsolescence Management”

År 2007 gavs det ut en standard (IEC 62402) inom området, se bilaga 1. Den antogs 2008 som svensk standard och kallas på svenska ”Riktlinjer för hantering av utfasning”. Standarden utgår från att en utfasningsplan upprättas och ger anvisningar om vad den bör innehålla. Standarden tar även med utfasningsfrågor för programvara vilket är positivt då detta område inte har omhändertagits nämnvärt tidigare. IEC 62402 kan vara en lämplig utgångspunkt vid hantering av obsolet materiel. Ringhals AB har studerat denna standard för att eventuellt tillämpa den. SSM har dock pga. tidsbrist inte hunnit ta del av Ringhals utvärdering.

Säkerhetspåverkan på grund av utfasad utrustning

Det råder delvis delade meningar om, hur allvarligt och hur direkt, utfasad utrustning kan påverka säkerheten. IAEA uttrycker för sin del i avsnitt 2.14 ”basic concept of managing obsolescence” [4], att anläggningens säkerhet kan försämrast om obsolet utrustning inte identifieras i god tid innan den utrustningens driftsäkerhet sjunker.

I Sverige har vi ett mer pragmatiskt synsätt, vilket redovisades och diskuterades på ett av SSM ordnat underhållsseminarium hösten 2011 [14]. Till exempel, att brist på reservdelar eller brist på service- och underhållskompetens hindrar drift och elproduktion. Via regelverk och de säkerhetstekniska förutsättningarna (STF,) som varje verk måste ha som en del av säkerhetsredovisningen, får inte verken köra anläggningen om bristerna påverkar säkerheten. Brist på reservdelar eller service påverkar således produktionen i första hand och inte säkerheten.

Däremot reservdelar som legat länge i lager med okänt åldringsstatus kan utgöra en potentiell säkerhetsrisk. Ett annat problem som har uppmärksam-



mats nyligen är att ersättningsreservdelar inte har exakt samma robusthet eller samma egenskaper som originalreservdelar. Dessa fall har dock inte gällt el och I&C utrustning. Ytterligare en variant av farhåga som börjar dyka upp avseende ersättningsreservdelar är s.k. falska produkter. Dessa kan i värsta fall vara svåra att upptäcka då även olika ursprungsintyg ser riktiga ut. Varningar kommer från främst amerikansk flygindustri.

När det gäller reservdelar främst ersättningsreservdelar har SSM 2011 gått ut med ett antal frågor till alla tre tillståndshavare.

Kunskapsbrister på äldre utrustning kan påverka säkerheten t.ex. vid framtagning av specifikationer för ny ersättningsutrustning. Mer om detta finns redovisat i avsnitt 5.4.

Nya frågeställningar avseende programmerbara kontrollsystem

I SSM:s utredning 2010 [1] identifierades ett eventuellt nytt problemområde för kärnkraftbranschen.

På det militära området och även inom civil flygledning (Air Traffic Management) har man sedan slutet på 1980-talet använt programvarubaserade datorsystem inom ledning, kontroll, kommunikation och informationshantering. I takt med att själva maskinvaran (datorn) blivit mer och mer kommersialiserad och hyllvara (Commercial Off The Shelf, COTS) har det uppkommit nya utfasningsproblem som har att göra med snabbare utfasning av maskinvaran. Man har vartefter lärt sig att hantera och planera för problemen.

Det finns en uppenbar risk att motsvarande problem i någon form kommer att påverka även kärnkraftanläggningarna när de nu efterhand går över till digitala kontrollsystem, vilket görs för att den analoga tekniken blivit föråldrad. För nya programvarubaserade kontrollsystem kommer förkortade livscykler på utrustningen kräva en annan typ av planering. Det är speciellt viktigt för reaktorskyddssystem. Denna problematik är även relevant för nya kärnkraftverk som från början har digitala kontrollsystem. SSM planerar ett forskningsuppdrag inom detta område under 2012/2013.

5.1.4. När behöver I&C utrustning ändras eller bytas ut

Elutrustning t.ex. kablar, kontakter av olika slag samt manöverorgan är oftast utsatta för rena fysiska åldringsfenomen vilka beskrivits i avsnittet ovan. När det gäller instrumenterings- och kontrollutrustning (I&C) är bilden mer komplex när man ska avgöra om sådan utrustning måste bytas eller förändras. Fysisk åldring påverkar men beslut om byten eller ändringar påverkas även mycket av det som hör till teknologisk åldring inklusive försvinnande kunskap. Förutom detta påverkas I&C utrustning till stor del av andra förändringar som kan resultera i behov av byte eller ändring. I detta avsnitt görs en redovisning av vilka faktorer och frågeställningar som är viktiga att be-



akta vid beslut om ändringar eller utbyte. Redovisningen är inte renodlad för åldringsfrågor utan är summering av de nyss nämnda faktorerna.

Vilken problematik som kan uppstå vid byte av utrustning finns redovisat i avsnitt 5.4.

Den tekniska utrustningen som (el och I&C) som realiserar kontroll- och säkerhetsfunktioner är oftast mer kortlivad än anläggningens livstid, vilket gör att det finns en övergripande frågeställning som behöver beaktas.

Detta gör att det finns en övergripande frågeställning som behöver beaktas:

När behöver utrustning förändras eller bytas ut?

Orsaker till behov av att förändra eller byta utrustning kan bero på flera olika omständigheter bl.a.

1. Förändrade anläggningsförutsättningar
2. Otillräcklig funktionalitet hos I&C utrustningen
3. Tekniska frågor med I&C plattformen
4. Ändringar i säkerhetskriterier och myndighetskrav
5. Teknologisk åldring – utfasning (obsolet utrustning)

Förändrade anläggningsförutsättningar:

Förändrade anläggningsförutsättningar vilka ger upphov till ändrade funktionskrav på I&C utrustningen. Nedan följer ett antal olika förutsättningar som kan förändras och dess konsekvenser.

Miljö- eller omvärldsförändringar:

- Krav kan ändras beroende på förändrade yttre miljökrav eller nya krav att motstå naturfenomen på grund av analyser av händelser och erfarenheter, som exempel nya värderingar av risker utifrån Fukushimahändelsen.
- Den antagonistiska hotmiljön kan förändras vilket kräver högre IT-säkerhetskrav. Använd teknik eller I&C plattform kan vara känslig för de nya hoten, exempelvis otillåtna intrång på olika sätt. Detta kan kräva tillkommande tekniska skyddsfunktioner eller förändrade administrativa rutiner för att förhindra intrång vilket kan ge behov av ny utrustning.

Anläggningsändringar:

Anläggningen ändras under sin livstid, t.ex. för effektökning, säkerhetsuppgaderingar eller andra typer av moderniseringar. Detta kan leda till ändringar av:

- Kärnbränslet
- Pumpsystem
- Turbiner
- Generator
- Supportsystem

Dessa förändringar kan i sin tur leda till behov av ändringar och/eller uppgaderingar av I&C funktioner för att klara den nya konfigurationen av anläggningen. Exempel på sådana ändringar kan gälla nödvändiga åtgärder i



beräkningsalgoritmer, tripvärden eller andra parametervärden samt gränssnitt till anläggningen.

Ändringar på grund av säkerhetsproblem i driften:

Baserat på analyser av drifterfarenheter och händelseutvärdering kan resultatet visa att utrustningen är bristfällig och behöver ändras/uppdateras för att hantera dessa problem. Som exempel kan uppdateringar behövas för:

- Förbättra användargränssnittet
- Tillföra nya kontroller och förreglingar
- Införa nya säkerhetsfunktioner

Precis som vid anläggningsändringar kan detta medföra ändringar i gränssnitten för I&C samt kontroll- eller skyddsfunktioner.

Ändringar i drift och underhåll:

Förutsättningar och resurser för drift och underhåll av anläggningen kan förändras. För att säkerställa anläggningens säkerhet kan det behövas nya funktioner för stöd till driften och underhållet, såsom utökad anläggningsövervakning och diagnos hjälpmedel.

Otillräcklig funktionalitet hos I&C utrustningen

Ändringar i de funktionella kraven vilket diskuterades ovan är orsakade av externa faktorer. I kontrast till detta kan redan installerad I&C utrustning visa sig ha otillräcklig prestanda för att möta behoven från anläggningen. Orsaken kan vara antingen brister i tidigare specifikationer eller ändrade krav. I&C utrustning har ofta typiska prestandakrav såsom:

- Driftsäkerhet
- Högsta sannolikhet för fel vid behov
- Högsta sannolikhet för falska larm/utlösningar
- Svarstider

Om det finns drifterfarenheter som visar på att hela system, eller delar därav, inte klarar sina krav, kan ändringar behövas som exempelvis:

- Tillägg till eller ändringar av systemarkitektur
- Ändringar av systemplattformen
- Ändringar i programvaran, antingen i systemplattform eller i applikationsprogramvaran
- Ändringar i olika gränssnitt, antingen intern i systemet eller mot dess omgivning
- Ändringar i underhållsrutiner

Alternativt kan en utredning visa att de identifierade bristerna är acceptabla ur säkerhetssynpunkt.

Tekniska frågor med I&C-plattformen

Tekniska problem inneboende i I&C plattformen kan ha identifierats av andra användare av samma plattform även om det inte skapat problem i den egna användningen. Aktiviteter bör finnas för att ta till sig och värdera den egna betydelsen av dessa upptäckta problem. Leverantörer av denna typ av



utrustning sprider ofta dessa upptäckter tillsammans med förslag på nödvändiga åtgärder.

Ändringar i säkerhetskriterier och myndighetskrav

Nya standarder och rekommendationer för säkerhet, inklusive företagsinterna krav, kan introduceras med åren. Dessa kan hantera aspekter såsom:

- Säkerhetsklassen för anläggningens I&C funktioner och utrustning
- Regler för arkitekturutformning relaterade till olika säkerhetsklasser
- Ändrade krav på programvara och hårdvara
- Ändrade miljöqualificeringskrav
- Kvalificeringens strategi och krav
- Ändrade IT-säkerhetskrav

Återkommande uppföljning att myndigheternas krav uppfylls kan kräva förnyad säkerhetsgranskning och eventuellt modernisering av I&C systemet.

Teknologisk åldring - utfasning

Bibehållen support av I&C utrustning är viktigt för att hantera problem som uppstår och för bibehållande av prestanda och funktionalitet. Följande aspekter bör beaktas:

Support av programvara

Leverantören vägrar ibland att ge support för gamla versioner av plattformens basprogramvara utan kräver att om support skall ges måste en nyare version installeras. Detta kan skapa problem vid kärnteknisk tillämpning där omfattande prov och analyser har gjorts på en specifik version i samband med den ursprungliga installationen.

Support av hårdvaran

Liksom för programvaran kan leverantören kräva en modernisering även av hårdvaran för fortsatt support. Även för hårdvaran är detta problematiskt då den ursprungliga licensieringen avsåg en specifik version.

Support av reservdelar

I vissa fall kan den använda I&C tekniken vara fullständigt föråldrad vilket resulterar i att ursprungsleverantören inte längre säljer plattformen eller tillhörande reservdelar. I värsta fall finns leverantören inte längre kvar utan har upphört.

Support av infrastruktur

Vad som avses här är dokumentation, verktyg (t.ex. kompilatorer) och personal med lämplig kompetens. Dessa delar påverkas av leverantörens policy för support.

Föråldrad teknik behöver inte i sig vara en orsak till utbyte. Om systemet fyller sin funktion så kan ett byte bli både kostsamt och innebära att nya risker introduceras. Men om man vet att systemet är föråldrat kan det vara lämpligt att börja planera för ett utbyte så att det kan ske med en väl genomtänkt plan när det slutligen blir nödvändigt.



För att säkra tillgången på reservdelar och infrastruktur, så kan detta ha upphandlats, inklusive uppbyggnad av egna supportsystem, i samband med ursprunglig installation. En komplicerande faktor är att även förrådshållen utrustning åldras. De flesta leverantörer brukar dock meddela i god tid innan produktionen upphör varvid det finns möjlighet att öka lagerhållningen.

I extrema fall kan det kanske vara möjligt att köpa loss den immateriella rättigheten för utrustningen, så att tillverkning av reservdelar och reparationer kan fortsätta genom en annan organisation. Detta har redan tillämpats i ett gemensamt projekt för de kärnkraftindustrier som har ASEA ATOM reaktorer inklusive finska TVO (Combimatic produkter).

5.2. Miljö kvalificering och tillståndskontroll

5.2.1. Allmänt

Miljö kvalificering

Miljö kvalificering för komponenter (typprovning) med avseende på åldring går ut på, att säkerställa en kvalificerad livslängd givet en viss omgivningsmiljö och givet att klara vissa specificerade prestanda. Kvalificeringen verifieras genom provning och analys.

När den kvalificerade livstiden är slut måste komponenter bytas ut mot en ny kvalificerad ersättningskomponent för resterande tid eller bevisas ha en viss fortsatt livslängd vilket kräver uppdaterad kvalificering. Med resterande tid avses, antingen tid kvar till ursprungligt konstruerad drifttid för anläggningen om komponenten hade kvalificerad tid kortare än denna, eller tid till och med ny förlängd drifttid (långa drifttider).

Det är ofta fråga om en ekonomisk avvägning om det ska bytas till nya kvalificerade komponenter eller göra en uppdaterad kvalificering (omkvalificering) av gamla, då vissa kablar t.ex. är mycket svåråtkomliga för byte eller att det finns stora mängder av komponenter som behöver bytas.

Tillståndskontroll

Tillståndskontroll är en successiv övervakning av ett visst tillstånd eller status på en utrustning eller dess komponenter. Övervakningen kan bestå av mätning, kontroll, observationer och trendbevakning. Tillståndskontroll används för att säkerställa att komponenters degradering, främst på grund av ålder, ej nått så långt att deras korrekta säkerhetsfunktion eller funktion vid DBA-händelser (Design Basis Accident) är osäker eller ej uppnås. Tillståndskontroll ska inte sammanblandas med vanlig funktionsövervakning där t.ex. kablar kan ingå, då denna endast ger information att något momentant har hänt i funktionskedjan.

Svensk kravbild

Svenska kärnkraftanläggningar omfattas av krav på både miljötålighet och kontroll, kontrollprogram samt konstruktionskrav som möjliggör kontroll och inspektioner (17 § SSMFS 2008:17, 5 kap. 3 § och 3 kap. 1 § SSMFS 2008:1). För el och I&C utrustning finns vissa förtydliganden i de allmänna råden för 17 § SSMFS 2008:17.

I det kapitel 3 om el- och I&C-utrustning framgår hur viktiga alla typer av kablar är, då de används för både elförsörjning och signalöverföring av olika slag. Av denna anledning har en stor del av miljökvalificeringsfrågor behandlat kablar. Annan el- och I&C utrustning har likartad hantering. I nedanstående avsnitt redogörs för miljökvalificering av kablar, tillståndskontroll (condition monitoring) och vad kompletterande tidsanalys innebär.

5.2.2. Miljökvalificering av kablar

Med åldring hos kablar är det framför allt förändringar i de polymera materialen i isolering och mantel som avses. Området har behandlats under lång tid och avsåg då säkerhetsklassad utrustning framför allt kablar och annan 1E utrustning (se avsnitt 1.3) som finns i inneslutningen och därmed kunde ut sättas för DBA-händelser innefattande plötsliga förändringar i tryck, temperatur och luftfuktighet. Åldring leder till materialförändringar som inte påverkar funktionsegenskaperna vid normal driftmiljö men kan innebära att funktionskraven under DBA inte uppfylls. Åldring i förtid kan dock leda till att funktionsegenskaper påverkas även i normal driftmiljö om den aktuella driftmiljön inte är vad man från början förutsåg.

Åldring påverkar organiska material på olika sätt, beroende av materialuppbyggnad och tillsatser. Genom tillsats av antioxidanter fördröjs oxidation och därmed nedbrytning av polymeren. Antioxidanterna förbrukas med tiden och har till slut försvunnit helt, varefter nedbrytningen kan ske snabbt. Detta har betydelse för möjligheten att använda mekaniska tillståndsmätningar, exempelvis brottöjning och indentermätningar (intryckning), för att följa nedbrytningen och fastställa när denna fortskridit så långt att funktionssäkerheten vid DBA ej längre kan garanteras. För sådana material är kemiska metoder för tillståndsmätningar som är kopplade till förbrukningen av antioxidanter mer användbara.

I SKI Rapport 01:17 [7] från 2001 finns riktlinjer i form av program och verktyg för kvalificering av elkomponenter i kärnkraftverk inklusive underlag till åldringshantering. Riktlinjerna omfattar metoder för att etablera och upprätthålla kvalificering. Rapporten var ett större samarbetsprojekt mellan dåvarande Statens Kärnkraftinspektion, Forsmark Kraftgrupp AB, Ringhals AB, OKG AB och Barsebäck Kraft AB.

En sammanfattning av åldringsmekanismer och metoder för hantering av åldring av kablar togs fram av en expertgrupp inom IAEA med svenskt deltagande i slutet av 1990-talet, publicerad i IAEA-TECDOC-1188, [10]. Un-



der 2012 kommer IAEA att publicera ett fortsättnings- och uppdateringsdokument inom området, rapport T-NP-3.6 [16].

TECDOC-1188 citeras ofta och har använts vid framtagning av normer inom såväl IEEE som IEC. I samband med detta arbete gjordes även en omfattande jämförelsestudie (round robin) av tillämpbarhet och reproducerbarhet hos olika metoder för tillståndskontroll.

Inom normvärlden dominerar två olika grundläggande standarder för miljö-kvalificering, IEEE Std 323 och IEC 60780 (se bilaga 1). IEEE 323 har reviderats betydligt senare (2003) än IEC 60780 (1996), vilket innebär att IEEE 323-2003 bättre speglar dagens tekniska utveckling när det gäller hantering av åldring. Sverige har aktivt medverkat i revideringen av IEEE 323. Tillståndskontroll som en del i åldringshanteringen har en stor roll i IEEE 323 men finns inte med i IEC-standarden. För att hantera den stora osäkerhet som fastställande av kvalificerad livstid innebär, definierar IEEE 323-2003 kvalificerat tillstånd som alternativ eller komplement till kvalificerad livstid. Det innebär att tillståndsmätningar genomförs i samband med den artificiella åldringen vid typprovning. Förutsatt att komponenten efter den artificiella åldringen klarar att fungera på avsett sätt vid simulerad DBA är kvalificerat tillstånd det tillstånd som uppmätts innan DBA-simuleringen.

Tillståndskontroll används idag som ett led i hantering av åldring hos elkomponenter, främst kablar, i kärnkraftverk i flera länder däribland Sverige, Tyskland, Schweiz och Frankrike. Tillståndskontroll får även en allt större plats i regelverk för åldringshantering i USA. Det senare gäller inte minst i samband med förlängning av licensierad drifttid från 40 till 60 år, se vidare i avsnitt 5.2.3.

Förekomsten av olika tekniska normsystem (standarder) på kärnkraftsidan innebär betydande problem för såväl tillverkare av komponenter som kraftbolag och granskande myndigheter. Det som händer nu inom IEC och IEEE, på svenskt initiativ och medverkan av SSM, är en framtagning av gemensamma normer, s.k. dual logo IEC/IEEE standards, dels genom gemensam utveckling av nya normer, dels genom gemensam revision och sammanslagning av befintliga normer. Pilotprojektet för utveckling av gemensamma normer är normer för tillståndskontroll av elkomponenter (bl.a. I&C kablar) i kärnkraftverk. Normer för tillståndskontroll, anpassade till kärnkraftens speciella behov, är bl.a. en förutsättning för genomförande av tillståndsbaserad kvalificering. Likaså pågår ett arbete med att revidera IEEE Std 323 och IEC 60780 med målsättningen att ta fram en gemensam (dual logo) IEC/IEEE-standard.

Även om IEEE 323-2003 i en del avseenden är mer ”up to date” än IEC 60780 finns några punkter där IEC 60780 bättre ansluter till SSM:s syn på miljö-kvalificering. IEEE 323 varnar inte på samma tydliga sätt som IEC-standarden för användning av extremt höga accelerationsfaktorer vid artificiell åldring i samband med fastställande och verifiering av kvalificerad livstid. Forskningsresultat visar att användning av extrema accelerationsfaktorer



kan leda till kraftig överskattning av kvalificerad livstid. Detta återspeglas även i SSMFS 2008:17 i § 17 där det införts en begränsning av accelerationsfaktorns storlek liksom en begränsning på den radioaktiva bestrålningshastigheten (se kravbild ovan). En annan viktig faktor är att IEEE-standarderna talar om provobjekt i singularis medan vi i Sverige liksom i många andra länder har som krav att mer än ett – normalt minst tre – exemplar miljöprovas.

Genom begränsningen av den accelerationsfaktor man kan tillgodoräkna sig i Sverige är den kvalificerade livstiden ofta kortare än förväntad installerad livstid. Detta möts med olika former för upprepad kvalificering i slutet av kvalificerad livstid (exempelvis 10 år). Detta kan innefatta komplett upprepad provning inklusive artificiell åldring plus DBA-simulering av uttagna exemplar eller begränsning till tillståndsmätning i de fall tillståndet före DBA-simulering i samband med ursprunglig kvalificering är känd eller man på annat sätt kan verifiera att komponentens åldring är obetydlig.

De strategier som för närvarande används kan vara applicerbara även vid långa drifttider. En förnyad genomgång kan dock behövas för att säkerställa adekvat hantering vid långa drifttider. Det är viktigt att åldringshanteringen baseras på en strategi som omfattar en uppföljning under hela den installerade livstiden. SSM har varit tidiga med att begränsa de bedömningar som kan göras om kvalificerad livstid med utgångspunkt från initial miljöprovning före installation men medvetandet om behov av uppföljning efter installation har ökat i de flesta länder. Till exempel så framgår i SKI Rapport 01:17 [7] att mätningen av omgivningsmiljön för installerade komponenter är en viktig aktivitet för att minska osäkerheten från initial miljökvalificering. Att kontrollera omgivningsmiljön är inte alltid så lätt beroende åtkomst eller själva omgivningsmiljön t.ex. inne i reaktorinneslutningen.

Det finns en klar trend mot användning av olika strategier för att följa komponenternas tillstånd efter installation.

Samtliga svenska tillståndhavare (TH) har ett miljökvalificeringsprogram. Flera TH har genomfört omfattande åtgärder avseende miljökvalificering av olika elkomponenter. Som exempel kan nämnas att OKG för Oskarshamn 2 genomförde omfattande utbyten i inneslutningen under mitten av 1990-talet i samband med byten av inneslutningsgenomföringar och förbättrad separation mellan divisioner. Arbeten har också gjorts på komponenter som sitter utanför inneslutningar, i utrymmen som kan påverkas av t.ex. ångfyllning (s.k. blåsvägar). Även det stora moderniserings- och effekthöjningsprogrammet PLEX kommer att innebära uppgraderingar och utbyten samt rekvalificeringar. Exemplet PLEX är en del av de övergångsplaner avseende säkerhetsmoderniseringar som samtliga svenska TH kommit överens om med SSM. Säkerhetsmoderniseringarna medför även olika grader av uppdateradkvalificering, utbyten och uppgradering av elkomponenter.

I april 2012 startades på initiativ av USA, ett IAEA koordinerat forskningsprojekt (CRP), gällande "Qualification, Condition Monitoring, and Mana-

gement of Ageing of Low Voltage Cables in Nuclear Power Plants". I projektet kommer tillståndskontroll att vara ett huvudtema för projektet. Anknytningen till och samarbete med det arbete som pågår inom IEC och IEEE med koordinerad standardisering av metoder för tillståndskontroll är viktig.

5.2.3. Kontroll och övervakning av åldrande utrustning

Som tidigare nämnts i tidigare avsnitt 5.2.2 tillmäts tillståndskontroll (condition monitoring) allt större betydelse som ett led i hanteringen av åldring i flera europeiska länder. Även i USA får denna metod en allt större betydelse speciellt vid förlängning av licensierad drifttid (LR).

Nedan ges en kort summering av de senaste rönen inom området från ett par ledande organisationer varav en del beskrivits i SSM:s utredningen från 2010.

OECD/NEA (The Organisation for Economic Co-operation and Development - Nuclear Energy Agency)

Inom NEA har det så kallade SCAP projektet [13] pågått mellan 2006 och 2010 och är bl.a. finansierat av Japan.

SCAP-projektet har haft fokus på åldringsfrågor för två olika områden, spänningsskorrosion (SCC) och försämring av kabelisolation. Syftet har varit att bygga upp en databas med erfarenheter från medlemsländerna inom NEA avseende åldringsfenomen inom dessa två områden. Rapporten är omfattande och berör flera frågeställningar bl.a. inom området tillståndsbaserad kontroll och miljöklassificering för kablar.

Från Japan omnämns att man via ett kabelåldringsprojekt (ACA) tagit fram en guide [14]. Det nya i denna guide är att man, vid artificiell (accelererad) åldring, tillämpar en metod med samtidig termisk åldring och strålningsåldring i stället för den konventionella metoden med en sekventiell följd av termisk åldring och strålningsåldring. Dessutom bestäms aktiveringsenergi utgående från aktuell driftmiljö i respektive anläggning i stället för förhöjda nivåer på aktiveringsenergi. Denna metod bedöms av projektet bättre spegla verklig åldring under normala driftförhållanden än den sekventiella metoden.

I SCAP-rapporten har man listat 18 olika metoder för tillståndsbaserad kabelkontroll, dessa redovisas i tabeller och kommenteras, bl.a. användningsområde och begränsningar. Man har även gjort undersökningar av korrelationen mellan olika metoder.

En metod som särskilt omnämns är LIRA metoden (Line Impedance Resonance Analysis). Metoden är relativt ny och är utvecklad av Institutet för Energiteknik (IFE) i Halden, Norge. Metoden har visat sig vara användbar och träffsäker att hitta kabelskador eller början till kabelskador till följd av termisk och/eller strålningspåverkan. Metoden detekterar även var längs kabeln skadan kan finnas. Metoden är en oförstörande metod som fortfa-



rande är under utveckling. T.ex. har man idag inte lika hög signifikans i mätnoggrannhet för alla kabeltyper. Nordisk Kärnsäkerhetsforskning (NKS), Ringhals AB och Forsmarks Kraftgrupp AB har finansierat jämförande tester avseende LIRA, brottförlängningsprovning (EAB) och indenterprovning.

Projektet anser att man fått avsevärd kunskapsökning inom området kabelåldring och metoder för kabelkvalificering i svåra miljöer och ökad kunskap inom området prediktering av återstående kvalificerad livslängd.

En annan slutsats i rapporten (där man undersökt 35 kärnkraftverk) är att vid effekthöjningar måste man ha god kontroll på ändringar i den termiska och strålningsmässiga omgivningsmiljön där kablar är förlagda. Man rekommenderar att en utökad miljöövervakning bör ske efter effekthöjningen.

USA – Nuclear Regulatory Commission (NRC)

I januari 2010 publicerade NRC rapporten NUREG/CR-7000 [18] vilken baseras på NRC forskningsprogram för elektriska kablar och utrustning, olika standarder samt andras erfarenheter och observationer om tillståndsbaserad kontroll och miljökvalificering för kablar.

Därefter har NRC nyligen 2012 givit ut en Regulatory Guide 1.218 avseende "Condition Monitoring Techniques" [17]. I guiden konstateras att senare års drifterfarenheter i USA visar på flertalet fel på kraftkablar. Det konstateras även att driftuppföljning visar på förhöjd felfrekvens parallellt med anläggningstid inom den 40 åriga licenstiden.

I guiden delas kontrollerna in i två grupper. Test eller inspektion görs på plats där kabeln är förlagd eller ett laboratorietest på en representativ provbit av materialet. Kabelkontrollerna går ut på att mäta elektriska, mekaniska, kemiska, fysiska egenskaper och funktionell prestanda.

En lista på 12 olika metoder för tillståndsbaserad kontroll rekommenderas för olika testbehov. Nedan listas de nämnda metoderna på engelska då begreppen är internationellt användbara inom området:

- Direct Current High-Potential Test (dc High Voltage)
- Step Voltage Test (dc High Voltage)
- Very Low Frequency Test
- Illuminated Borescope
- Visual Inspection
- Compressive Modulus (Polymer Indenter)
- Dielectric Loss-Dissipation Factor (Power Factor)
- Insulation Resistance
- Partial Discharge Test (PDT)
- Time Domain Reflectometry (TDR)
- Frequency Domain Reflectometry (FDR)
- Infrared Imaging Thermography

Varje metod beskrivs och vad den kan mäta och eventuella fördelar och nackdelar. Den tidigare nämnda LIRA metoden som även uppmärksammats



i ovan nämnda SCAP-rapport finns även omnämnd här och ingår i den sist nämnda FDR.

Ett viktigt påpekande görs i guiden. Då varje enskild metod har sina begränsningar så bör en kombination av tillståndsbaserade kontroller användas för att motverka de enskilda metodernas begränsningar.

I guiden görs ytterligare ett viktigt påpekande, på samma sätt som i SCAP-rapporten sägs att omgivningsmiljön bör övervakas under drift för att försäkra sig om den inte är strängare än den som är ansatt i tidigare miljöklassificering.

International Electrotechnical Commission (IEC)

IEC har nyligen publicerat två nya standarder inom åldringshantering för kärnkraftsindustrin.

Den första IEC 62465 [19] blev klar 2010 och handlar om åldringshantering och olika metoder för kontroll och test av åldrande kablar.

Den andra IEC 62582 [20] blev klar 2011 (del 1,2,4) och 2012 (del 3). Denna standard handlar om olika ”condition monitoring” metoder för I&C utrustning än kablar.

5.2.4. Förnyad livslängdsanalys (TLAA)

I de amerikanska regelverken (10CFR54, Code of Federal Regulations) krävs att viss el- och I&C utrustning genomgår en s.k. förnyad livslängdsanalys (Time Limiting Aging Analysis, TLAA) inför en ansökan om tillståndsförlängning (Licence Renewal, LR). Utgångspunkten är en tidigare analyserad eller kvalificerad livstid. Ytterligare fem områden avseende strukturer, system eller komponenter är uppräknade (berör mekaniska konstruktioner och anläggningskonstruktioner). Information om det mesta rörande tillståndsförlängning finns i NRC riktlinjer för granskning av ansökan om förnyat tillstånd för drift av ett kärnkraftverk NUREG 1800 [21], se även i avsnitt 5.6.3 där hanteringen av långa drifttider beskrivs lite närmare beträffande USA.

El och I&C komponenter av betydelse för säkerheten enligt 10CFR50.49 måste från början vara kvalificerade för en viss livslängd normalt 40 år, varefter de antingen måste bytas ut eller så krävs en förnyad livslängdsanalys (TLAA) som täcker delar av förnyelsetiden eller hela. Efter denna utökade livslängd måste komponenten bytas ut.

TLAA bygger på den tidigare dokumenterade kvalificerade livslängden. TLAA är en förnyad dokumenterad kvalificering som ska bygga på analyser, tester, provning, drifterfarenheter eller kombinationer av dessa. TLAA ska täcka in hela den ansökta livstidsförlängningen. I NUREG 1800 [21] redovi-



sas även vilka attribut som ska vara med i förnyad livslängsanalys för miljö-kvalificerad utrustning.

5.3. Åldrande kontakter

5.3.1. Frågeställningar

En frågeställning avseende fysiskt åldring som identifierades i SSM:s utredning 2010 [1] var eventuella problem med olika elektriska kontakter av olika slag i de svenska kärnkraftverken. En av anledningarna är att kontakter som inte kopplar eller kopplar ifrån när de ska, signifikant kan påverka säkerheten. Många kontakter används inte regelbundet i säkerhetssystemen då de ju endast behövs för sin säkerhetsfunktion.

En särskild farhåga väckt inom SSM:s grupp för erfarenhetsuppföljning (ASK-gruppen), gällde så kallad ”motionering” av elektriska kontakter av olika slag. Detta består förenklat av att man slår en kontakt till och från ett upprepat antal gånger för att bli av med exempelvis oxideringar eller kärvande mekanik. Motionering används ofta som ett sätt att lösa kontaktproblem som upptäcks vid kontroller. SSM:s farhåga gällde osäkerhet på hur länge en ”motionering” egentligen eliminerar kontakteringsproblemet.

För att belysa frågan djupare lät SSM inom ramen för denna fortsatta utredning genomföra en studie av de svenska kärnkraftverken i form av ett forskningsuppdrag. De frågeställningar som skulle belysas var bl.a.

- Omfattningen av kontakteringsproblem för olika typer av kontakteringar⁴
- Omfattningen av dessa som kan vålla säkerhetsproblem
- Medvetenheten hos tillståndshavarna (TH) för kontakteringsproblem som kan påverka säkerheten
- Tillståndshavarnas kunskaper runt att förebygga eller motverka eventuella säkerhetsproblem på grund av åldrande kontakteringar.

⁴ Med kontakteringar avses:

- Kontaktdon av olika slag
- Lödningar
- Skruvkontakter
- Presskontakter
- Virförband

5.3.2. Studie

Studien genomfördes som en förstudie av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut under 2011. Rapport [6] finns publicerad på SP websida.

För att försöka besvara frågorna fick SP tillgång till TUD-databasen för att göra sökningar, främst för att få fram ett statistiskt underlag på eventuella kontakteringsproblem. Detta kompletterades med intervjuer av personal på Formarks, Oksarshamn och Ringhals kärnkraftverk.

TUD-databasen är ett gemensamt projekt mellan ägarna av svenska kärnkraftverk och ägarna av de finska verken Oukilouto 1 och 2 (ASEA ATOM reaktorer). TUD innehåller samlade driftsäkerhetsdata för alla slags komponenter, både mekaniska och elektriska från kärnkraftverken i Barsebäck, Forsmark, Oskarshamn, Ringhals och Oukilouto, från början av 70-talet. TUD används för närvarande främst till att ge underlag med god statistisk signifikans till verkens PSA (Probabalistic Safety Analysis) studier i form av felintensiter för många olika komponenter.

TUD använder sig av ett kodningssystem för att särskilja feltyper. För varje fel anges i vilken systemkategori det har inträffat. Sedan finns även ett fritextfält att förtydliga felbeskrivningen med. TUD har däremot inget direkt kodningssystem för att särskilja säkerhetsklassad utrustning. Detta fick göras genom att söka på olika systemnummer som är relaterade till system med säkerhetsfunktioner. Det har inte heller varit möjligt att direkt söka på feltyper kontaktteringsproblem utan detta fick göras via sökning av associerad fritext.

Det har således varit vissa svårigheter att besvara alla frågeställningarna med god signifikans. Den frågeställning som fanns inom SSM:s ASK-grupp angående eventuell riskökning på grund av motionering av kontakter, har inte gått att besvara via databassökning då felklassningen i databasen saknar denna typ av information.

5.3.3. Studiens resultat och slutsatser

Databassökning (TUD):

För att begränsa mängden data till att gälla rapporterade fel på elektriska komponenter, valdes ett antal feltyper och systemnummer ut. Två komponentgrupper skapades ur databasen, dels en större vilken innehöll både driftklassad och säkerhetsklassad utrustning, dels en mindre vilken till största delen innehöll säkerhetsklassad utrustning.

- De två komponentgrupper som skapats uppvisade inte ökad felfrekvens med tiden. En initial ökning av antalet fel i samband med drifttagande av nya reaktorer kunde observeras vilket följdes av konstant en felfrekvens som är proportionell mot antalet reaktorer i drift.
- Ur de två ursprungliga komponentgrupperna extraherades fel associerade med elektriska kontakter. Felfrekvensen för dessa delmängder lik-



nar de ursprungliga felfrekvenserna initialt men ökar något under de sista åren. Resultatet kan tolkas som att antal fel ökar gällande elektriska kontakter under de senaste åren. Men då det statistiska underlaget är litet så måste resultatet användas med försiktighet.

- Ytterligare ett urval gjordes ur de två ursprungliga komponentgrupperna. I detta urval valdes fel relaterade till rapportervärda omständigheter (RO) ut. RO ska rapporteras enligt SSM:s föreskrifter. Initialt ökar felfrekvensen i detta urval, för att nå ett maximum runt 1998 och att därefter avta under de 13 sista åren. Detta skulle kunna indikera att underhållet har rätt inriktning. Det finns dock även andra orsaker som medfört en känd minskning, särskilt 1998-1999 då det infördes ändrade och tydligare krav på vad som skall klassas som RO.

Intervjuer:

Ett konkret resultat av de genomförda intervjuerna var att det inte fanns en generell uppfattning om att fel på elektriska kontakteringar var ett stort problem på de olika kärnkraftsanläggningarna. Det nämndes dock att felfrekvensen tillfälligt kunde öka efter exempelvis större ombyggnationer.

Tillståndshavarna tar till sig ny kunskap för att förbättra kvalitet och verksamhet genom deltagande i både interna forum på de olika kärnkraftverken samt genom deltagande i olika typer av nationella samt internationella forum.

Det finns en stor medvetenhet hos tillståndshavarna för kontakteringsproblem som kan påverka säkerheten. Den generella uppfattningen är att kontakteringsproblem inte är något större bekymmer om man jämför med andra typer av fel men när man väl upptäcker några problem/brister kring kontakteringar så vidtar man kraftfulla åtgärder och vid behov t.ex. byter ut alla kontakteringar av en viss typ/fabrikat som har visat sig vara felbenägen.

Säkerhetsproblem pga. åldrande kontakteringar förebyggs och/eller motverkas bland annat med hjälp av:

- Vanlig uppföljning via FU (Förebyggande Underhåll)
- STF (Säkerhets Tekniska Föreskrifter) beskriver hur ofta man skall kalibrera en komponent och vilka åtgärder man skall vidta i samband med detta.
- Ålderhanteringsprogram har lett fram till rekommendationer.
- I samband med större ombyggnader och projekt byts ofta kablar och elektriska komponenter ut vilket även innebär nya kontakteringar.
- För miljöqualificerade komponenter hanteras frågan genom förebyggande underhåll som då är ett krav i tillhörande miljöqualificering.

Studien pekar även på ett par områden för fördjupningsstudier.

Det finns tolkningsutrymme i resultatet från denna undersökning beroende på svårigheter att söka i TUD och att TUD är en begränsad del av ett mer omfattande, lokalt databassystem hos tillståndshavarna.



Ett av resultaten från det presenterade arbetet är att det finns öppna frågor:

- Hur skall fel rapporteras till TUD för att databassökningar skall underlättas?
Kan en större datamängd från arbetsordersystemet inkluderas i TUD för att underlätta sökningar?
- Hur långt ned bryts ett rapporterat fel ned till av tillståndshavarna (TH)?
Finns det risk att TH missar CCF pga. att man inte går tillräckligt djup ner på exempelvis komponent nivå?

För att besvara dessa frågor behövs ett nära samarbete med TH.

5.4. Problematik vid utbyte av åldrad utrustning

5.4.1. Frågeställningar

I SSM rapporten från 2010 [1] framkom att, en fråga som borde utredas djupare, var frågeställningar och problematik när åldrad el- I&C utrustning måste bytas mot ny. Ny utrustning bygger ofta på annan teknik, kan uppföra sig på annat sätt i onormala situationer än den ursprungliga utrustningen eller så har kunskap om den nya utrustningen inte fullt ut nått användaren. Forsmarkhändelsen i juli 2006 [3, Annex A] visade exempel på detta, bl.a. för nya generatorskydd eller ny utrustning för avbrottsfri elkraft till säkerhetssystemen.

För att belysa frågan djupare lät SSM inom ramen för denna fortsatta utredning genomföra en studie av de svenska kärnkraftverken i form av ett forskningsuppdrag. De frågeställningar som skulle belysas var bl.a.

- Samfunktion mellan gammal och ny utrustning exempelvis kompatibilitetsproblem
- Aspekter på teknisk gränsyteproblematik, t.ex. vad för det med sig när det finns olikheter mellan gammal och ny utrustning
- Avsaknad av lämplig kompetens eller kunskapsglapp så att en korrekt och komplett kravspecifikation kan tas fram med beaktande av gammal och ny teknik
- Hur eventuellt nya felmoder i ny utrustning påverkar säkerhetsfunktioner
- Eventuellt förändrad robusthet⁵ i förhållande till grundkonstruktionen

⁵ Någon ensad och fastlagd definition på egenskapen robusthet har inte hittas. SSM föreslog därför till denna utredning följande definition: "Utrustning och komponenters tålighet (motståndskraft) mot olika påkänningar under drift och vid underhåll. Detta uppnås bl.a. genom konstruktionsmarginaler.

5.4.2. Studie

Studien genomfördes av ÅF Industry AB under 2011 och resulterade i en rapport som ingår i SSM:s forskningsrapportserie [5].

Arbetsmetoden bygger främst på intervjuer med personal på Formarks, Oskarshamns och Ringhals kärnkraftverk. Intervjuer har även gjorts med egen personal som har/har haft uppdrag på de svenska kärnkraftverken. För att få personal verken att ställa upp och även tala om sådant som kan vara besvärande att beröra, var direktivet från SSM att redovisningen av studien skulle göras på ett summerat sätt där det inte framgår var informationen kommer ifrån.

Innan intervjuerna startade genomfördes en intern workshop hos ÅF med en grupp personer som har god erfarenhet inom el- och I&C området för att se analysera frågeställningarna för att bryta ner dem och förtydliga dem samt att ta fram intervjuunderlag. I detta arbete identifierades även vilken typ av personal som borde intervjuas. Följande personalkompetenser ansågs lämpliga:

- Någon från konstruktionsavdelningen som har underhållserfarenhet eller personal från underhållsavdelningen
- Konstruktör, utredningsingenjör
- Konstruktionsledare/Gruppchef
- Säkerhetsavdelningen
- Sektions- eller avdelningschef (för el och I&C)

Under detta arbete framkom tydligt att även organisatoriska frågor påverkar huvudfrågan angående problematik vid utbyte av åldrad el- och I&C utrustning måste bytas mot ny. Slutsatsen blev även bekräftad under intervjuerna.

De organisatoriska faktorer som påverkar huvudfrågan är bl.a.

- Kärnkraftverkens organisation
- Klassificering av projekt
- Kunskapsöverföring
- Externa konsulter
- Leverantörer av utrustning
- Ursprunglig dokumentation
- Reservdelshantering

I det följande avsnittet sammanfattas de resultat och slutsatser som framkom i studien. Dessutom används delar av materialet i rapporten [5] på andra ställen i denna rapport.

5.4.3. Studiens resultat och slutsatser

Nedan följer en sammanfattande redogörelse av diskussioner och slutsatser i studien som framkommit baserat på vad de intervjuade upplever.



Samfunktion och gränssytor

Samfunktionen mellan olika system är mer komplicerad när gammal och ny teknik möts, som till exempel mellan analog och digital teknik. Ny el- och I&C utrustning väljs med beaktandet av att förenkla samfunktionen och förbättra kompatibiliteten. Den ursprungliga konstruktionen av kärnkraftverkens el och I&C utrustning hade mer naturliga gränssytor. Generellt upplevs vägledningen till hanteringen av samfunktion och gränssytor inom el och I&C som något otillräcklig.

Felmoder

Felmoder i ny el och I&C utrustning upplevs som mer komplex än i äldre utrustning. Vid val av utrustning försöker man att minimera onödiga funktioner för att minska antalet potentiella felmoder.

Robusthet

Det saknas en samstämmig förståelse för vad robusthet innebär inom el och I&C inom kärnkraftverkens teknikavdelningar. Den samlade bilden är dock att robustheten har försämrats sedan anläggningarna byggdes.

Kunskapsöverföring

Kunskapsöverföringsprogram identifieras som ett stort behov från teknikavdelningarna då fler och fler nyckelpersoner går i pension och viktig information försvinner med dem. Avsaknad av lämplig kompetens påverkar direkt förmågan att ta fram en korrekt och komplett kravspecifikation för ersättningsutrustning.

Organisatoriska aspekter

De svenska kärnkraftverken har en intern organisationsstruktur med en beställar- och en stödorganisation (interna konsulter) där blocken (drift- och produktionsansvariga) köper tjänster av teknikavdelningen. Detta delar upp kärnkraftsorganisationen i två distinkta delar vilket riskerar att separera de olika delarna i olika organisationsdelarna fokus.

Teknikavdelningarna på de svenska kärnkraftverken uttrycker ett behov av ökad kompetens inom beställarorganisationen (blocken). Kompetensen som efterfrågas är t.ex. systemkunskap som skall underlätta och höja kvaliteten på den inledande analysen som utförs på blocken.

Klassificering av utbytesprojekt

Gränsen mellan de tre olika kategorierna av projekt vid utbyte av utrustning; underhållsarbete, komponentersättning och anläggningsändring är inte tydligt definierad och teknikavdelningarna bör få mer att säga till om i klassificeringsarbetet. Denna problematik är också sammanlänkad med den kompetens som efterfrågas i beställarorganisationen (blocken).

Vid klassificeringen av ändringsprojekt upplevs det att beställarfunktionen ibland tenderar att inte klassificera en utbytesändring som anläggningsändring, fast det av teknikorganisationen uppfattas som att det är mest relevant. Detta kan medföra ökade risker vid mer komplicerade utbyten som el- och I&C, då konstruktionsarbetet och granskningsprocessen inte är lika omfattande vid komponentersättningsprojekt.



Teknikupphandling

Leverantörer får på senare tid större helhetsåtaganden, dels för att minimera kostnader men också för att minimera mängden gränssytor och samfunktionsproblematik. Detta upphandlingsförfarande ställer dock högre krav på kunskapsöverföringen mellan leverantörer och anläggning eftersom anläggningspersonalen även efter leverantörens åtagande måste vara insatt i hur de nya komponenterna och systemen fungerar.

En del av detta är att högre krav bör ställas på leverantörer avseende den dokumentation verken behöver samt kunskap om nya felmoder och dolda skyddsfunktioner i ny utrustning. Samarbete mellan kärnkraftverken där inköp i större grad koordineras, sker i allt större utsträckning, och detta ger verken större möjlighet till att ställa högre krav på leverantörerna.

Summering

Sammantaget kan konstateras att flera av de problem som framkommit i denna studie kan öka riskerna och utmana säkerheten i olika grad. Konstruktionsprocessens efterlevnad och omfattning är mycket viktig för säkerheten och tillgängligheten av kärnkraftverken. Detta leder till att högre krav bör ställas på remisshantering och säkerhetsgranskning.

Förslag på fördjupningsstudier

Studien pekar även på ett par områden för fördjupningsstudier, varav två exempel ges här:

- Hur kunskapsöverföringen säkerställs inom området el- och I&C i andra länder eller inom andra branscher i Sverige.
- Jämförelse mellan hanteringen av åldrande utrustning vid svenska och finska kärnkraftverk, styrkor och svagheter.

5.5. Åldringshantering

5.5.1. Allmänt

Enligt IAEA är åldringshantering en nyckelfaktor för en säker och tillförlitlig drift av en kärnkraftanläggning. Åldringshantering enligt IAEA innebär att säkerställa tillgängligheten av krävda säkerhetsfunktioner över en anläggnings hela livstid inklusive beaktande av eventuell förlängd drifttid och anläggningsändringar. Vilka olika aktiviteter i åldringshanteringen som ska bedrivas över tiden, dess ledning och kvalitetssäkring ska fastläggas i ett åldringshanteringsprogram (eng. Ageing Management Programs, AMP).

Svenska kärnkraftanläggningar omfattas av krav på åldringshantering och åldringshanteringsprogram (5 kap. 3 § samt bilaga 2 (säkerhetsredovisning) i SSMFS 2008:1).

IAEA har gett ut en Safety Guide NS-G-2.12 [4] med rekommendationer inom området, vilken utgör en bra utgångspunkt för åldringshanteringsprogram både för tillståndshavare och för myndigheter.

Enligt guiden åstadkoms en effektiv åldringshantering genom att koordinera befintliga program inom drift och underhåll inklusive analys av åldringmekanismer. Dessutom bör koordinering ske med program för forskning och utveckling. Ett förslag på aktivitetscykel (Deming) baserad på planera-gör-kontrollera-agera redovisas i guiden enligt nedanstående figur.

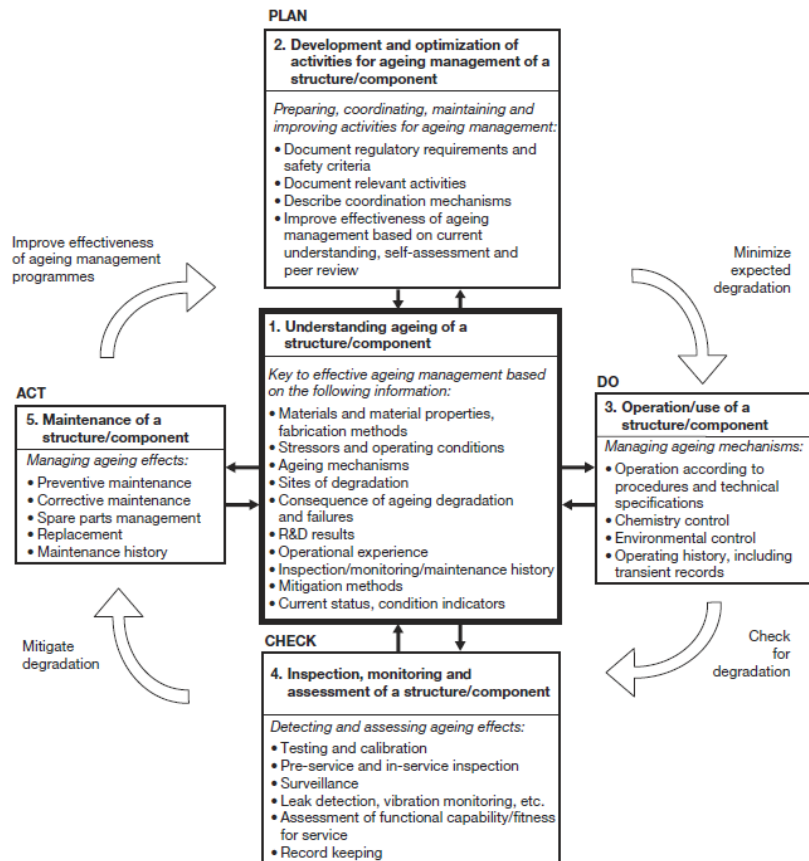


FIG. 1. Systematic approach to managing ageing of a structure or component.

5.5.2. Läget på de svenska verken

För att få en uppfattning om lägesbilden av åldringshanteringen hos de svenska tillståndshavarna (TH) avseende el- och I&C utrustning, gjordes en översiktlig inventering i SSM utredningen 2010. Frågorna ställdes utifrån de krav som finns i SSMSF 2008:1.



De kan även nämnas att de tre svenska tillståndshavarna 2005/2006 fick ett föreläggande om att genomföra kompletteringar av åldringshanteringsprogram (AMP) samt komplettering av ledningssystem och säkerhetsredovisning. Kompletteringarna avseende åldringshanteringsprogram skulle vara genomförd 2008-12-31 och resten 2007-06-30.

De svar som inkom på inventeringen tyder på att åldringshanteringen är omhändertagen på ett systematiskt sätt. Alla TH har en övergripande strategi för åldringshantering dokumenterad i ett AMP. Djupet och upplägget skiljer sig åt delvis för närvarande. Programmen är även i sig föremål i en kontinuerlig uppdateringsprocess.

FKA vilka använder IAEA Safety Guide NS-G-2.12 [4] som principiell förebild för AMP. Forsmarks AMP beskriver den övergripande åldringshantering och hur de ingående programmen och processerna hanterar generiska åldringsförsämringar avseende strukturer, system och komponenter av betydelse för säkerheten. SSM fick hösten 2011 även in en komplettering för påseende vilket gällde en nyligen uppdaterad "Metodik för systematisk åldringsanalys" vilket beskriver hur själva genomgången av vad som ska åldringshanteras och hur det ska dokumenteras och följas upp.

OKG anger att man bygger sitt AMP på IAEA:s modell för systematisk sammanställning av redan pågående aktiviteter inom underhåll, drift och teknikorganisationerna.

RAB bygger sitt AMP på den något äldre IAEA rapporten [22]. Dessutom har man tagit vägledning av SKI:s utredning [23]. RAB har likaså AMP uppbyggt som ett paraplyprogram vilket ska koordinera de ingående aktiviteterna och processerna inom RAB.

När det gäller hantering av miljökvalificering och uppdaterad miljökvalificering samt tillståndskontroll av olika slag, är det dock oklart eller framgår inte, hur dessa aktiviteter kommer in i åldringshanteringen. Speciellt uppdaterad miljökvalificering och tillståndskontroll är viktiga inför förlängda drifttider vilket framgår av tidigare avsnitt.

En del av åldringshanteringen är att upprätta förteckningar över utrustning som genom analyser konstaterats kräver åldringshantering samt befintlig status på sådan identifierad utrustning. Det insända materialet från tillståndshavarna angående åldringshanteringen visar att alla tillståndshavarna har påbörjat denna process eller hålla på att slutföra denna process. Arbetet är mycket omfattande på grund av det stora antalet komponenttyper och olika utrustningar. Vid det underhållsseminarium som hölls av SSM hösten 2011 [14] påpekades omfattningen ytterligare. Alla tre verken verkar även snart vara i mål med den första genomgången av sina systemstatusrapporter. Ett intressant påpekande på seminariet gjordes av Forsmark. En viktig del som inte får glömmas bort avseende statusövervakning är de mänskliga sensorerna, öga, öra, näsa vid rundvandring och kontroll. Det är viktigt att inte tappa närbakkontakten med utrustningen. Utmaningen är dock att systematisera rapportering och analys av iakttagelserna.

På underhållsseminariet framkom även att alla tillståndshavare har intensifierat arbetet med åldringshanteringshantering och åldringsanalyser.

SSM håller för närvarande (2012) på med en allmän granskning av tillståndshavarnas åldringshanteringsprogram. SSM har även för avsikt att följa upp granskningen med en verksamhetsbevakning. Fördjupade granskningar planeras även ske. Vid dessa bör stickprov tas för djupare granskning av hur program, analyser och åtgärdsplaner följs och dokumenteras samt hur långt man kommit. Särskilt intressant för el- och I&C utrustning, är att följa upp verkens tankar och planer avseende uppdaterad miljöqualificering och tillståndskontroll av olika slag.

5.6. Hantering av långa drifttider i några andra länder och IAEA rekommendationer

5.6.1. Sammanfattning

I den tidigare SSM utredningen från 2010 [1] studerades hur synen på åldringshanteringsprogram och tillsyn på åldringsrelaterade frågor är i Finland (STUK) och USA (NRC) samt internationella atomenergi organet (IAEA). Nedan följer en redogörelse för vad som framkom i den utredningen. Som information kompletteras redovisningen av en kort redogörelse av åldringsrelaterade frågor från ytterligare ett antal länder. Både NRC och STUK arbetar mer systematiskt med tidsberoende analyser (TLAA) och kräver att tillståndshavarna genomför sådana analyser för att påvisa säker långtidsdrift vid en förnyad licens eller PSR. Båda myndigheterna anger dessutom mer detaljerade riktlinjer över hur analyserna ska genomföras och vilka krav som ställs för att de ska kunna accepteras.

När det gäller hanteringen av obsolet materiel (teknologiåldrad, utfasad) så ingår detta som en explicit del i åldringshanteringen enligt IAEA synsätt för "Ageing Management" [4]. I guiden [4] ingår två grundkoncept, dels ett för fysiskt åldring dels ett för teknologiåldring. I Finland tillämpas ett liknande synsätt. Detta är en skillnad mot i Sverige där vi (SSM) för närvarande inte beaktar detta område explicit som en egen del av åldringshanteringen.

Sammanfattningsvis konstateras att det förekommer en mer detaljstyrd åldringshantering i USA och Finland inom el och I&C området i jämförelse med Sverige. I både USA och Finland är el och I&C området i åldringshanteringsprogrammen (AMP) en viktig del vid tillståndsgivning till långa drifttider. I Finland tillämpas dessutom en mer regelbunden uppföljning av AMP via rapporteringskrav i YVL-guiderna. De årliga rapporteringsresultaten sammanfattas sedan i PSR rapporten. Det ska tilläggas att STUK i Finland

håller på att ta fram en ny uppsättning YVL guider, vilka inte är färdiga ännu vid denna tidpunkt.

5.6.2. Exempel Finland

Elutrustning och kontrollutrustning har var för sig egna detaljerade direktiv i YVL guiderna YVL 5.2 [24] respektive YVL 5.5 [25] avseende AMP. Området är jämte mekaniska anordningar och byggnadsstrukturer de områden som man fäster särskild vikt vid i samband med PSR.

AMP ska täcka minst all utrustning av betydelse för säkerheten oavsett säkerhetsklass. Vid upplägget av programmet, ska olika komponenters åldringsmekanismer, detekteringsmetoder för åldring samt komponenternas viktighetsgrad beaktas tillsammans andra analyser för att utvärdera åldringsfenomen ska beaktas. Även teknologiska åldringsfrågor (utfasning, obsolet teknik) beaktas för att kunna värdera behov av korrigerande åtgärder samt för att kunna förutse behovet av materielomsättning.

Resultatet av AMP inklusive eventuella åtgärdsprogram och tidplaner ska redovisas i en årlig rapport som ska delges STUK. Minst vart femte år ska all kabelmateriel för elsystem och I&C system, vilka tillhör säkerhetsklassade system, genomgå en mekanisk och elektrisk inspektion i syfte att ha kontroll på fysisk åldring. Förutom statuskontroller via femårsinspektioner, ska regelbundet en analys och utvärdering göras av drifterfarenheter och eventuella förändringar i miljöbetingelserna för kablarna. Resultatet av kabelkontroller ska sammanställas i en rapport och delges STUK. Förutom ovanstående avrapporteringar enligt AMP kraven bevakar STUK åldringshanteringen i samband med den regelbundna tillsynen av anläggningarna.

När det gäller bedömningen av elektrisk utrustning och I&C utrustning så utgår man från de krav som ställs på åldringshanteringsprogrammen (AMP) och gör en samlad bedömning av den sammanfattning som TH ska göra inom åldringsfrågor i samband med sin PSR rapport. Dessutom värderar man de årliga rapporter inom åldringsområdet som kommit in till STUK från TH samt underlaget från regelbundna inspektioner där även åldringshanteringen bevakas.

Vid bedömning av PSR värderas allmänt hur AMP är utformat och hur väl det är implementerat och tillämpas. I studerade rapporter från STUK noteras att särskild vikt har fästs vid identifiering av åldringsfenomen inom el och I&C. Man lägger stor vikt vid att åldringsövervakningen genomförs och vilka metoder som används, särskilt för kablar placerade i inneslutningen.

Rapporten IAEA-TECDOC-1147 [9] beskriver tre efterföljande studier som utförts i Finland. Studiernas mål var dels att utveckla en metod för åldringsanalyser som baseras på drifterfarenheter och pålitliga tekniker och dels använda denna metod för att identifiera kritiska komponenter i åldrings- och säkerhetsperspektiv. Studien resulterade också i rekommendationer till att



förbättra system för datainsamling och erfarenhetsutnyttjande för vidare åldringsanalyser.

5.6.3. Exempel USA

Åldrande elektrisk utrustning har fått en relativt stor uppmärksamhet inom NRC. Styrande för tillståndsförnyelse (LR) är den amerikanska föreskriften 10CFR54. Inför en LR gör NRC även två omfattande inspektioner som en del av granskningen.

Vid LR finns det ett antal komponentkategorier, främst passiva, som ska omfattas av ”Ageing Management Review” (AMR) enligt NUREG 1800 [21] inför LR, enligt följande:

System och komponenter som omfattas AMR vid licensförnyelsen

- Säkerhetsrelaterad utrustning som krävs och ska fungera vid en ”Design Basis Accident” (DBA), enligt miljökvalificeringskravet i föreskriften 10CFR50.49.

Denna typ av utrustning som påverkar säkerheten har ofta en miljö med stränghetsgraden svår miljö (harsh environment). Till svår miljö räknas minst miljöer vid situationer som inträffar vid en olycka med förlust av kylmedia (LOCA), brott på högenergetiska ledningar/rör (HELB) och post-LOCA. Dessa tillhör normalt funktionsklass 1E, (IEEE STD 308 respektive 323, se bilaga 1).

De miljöbetingelser som främst avses är temperatur, tryck, fukt, strålning, kemiska miljöer och i förekommande fall vattendränkning.

Denna utrustning är från början kvalificerade för en viss livslängd, normalt 40 år, varefter de antingen måste bytas ut eller så krävs en förnyad livslängdsanalys, en s.k. Time Limiting Aging Analysis (TLAA). Efter denna utökade livslängd måste komponenten bytas ut. Fokuseringen tycks ligga på denna kategori vid AMR. I denna komponentkategori återfinns även s.k. PAM utrustning (Post Accident Monitoring).

- Alla icke säkerhetsrelaterade utrustningar vilkas fel kan resultera i negativ funktionspåverkan på säkerhetsfunktioner.
- Alla utrustningar som krediteras i säkerhetsanalyser avseende brandskydd (enligt 10CFR50.48), för att upprätthålla specificerade miljöer enligt (10CFR50.49) samt utrustning/komponenter vilka krävs för att klara en s.k. ”Station Black Out” (SBO) enligt 10CFR 50.63

För SBO finns följande förtydliganden:

Elförsörjningsutrustning både på anläggningsidan (onsite) och yttre nät sidan (offsite) vilket inkluderar:

- Med ”onsite” syftas på säkerhetsrelaterad elförsörjningsutrustning inom anläggningen.



- Med ”offsite” syftas på anläggningens del i utrustning av ställverk, starttransformatorer, huvudtransformator, ledningar, kablar som förbinder externa elkraftkällor med kärnkraftverket samt för detta nödvändig kontrollutrustning.
- Utrustning som producerar och distribuerar alternativ elkraft som reserv för ordinarie nät utanför anläggningen. (10CFR54.4 a3)

Övrig utrustning som omfattas av AMR

För vissa typer av passiva komponenter som inte omfattas av miljökvalificeringskraven och TLAA, ska också omfattas av åldringshanteringsprogram (AMP). I GALL-rapporten (Generic Lessons Learned, NUREG 1801) [11], tabell VI-A framgår vilka. Det finns sex el och I&C komponentkategorier [XLE1-E6] som omfattas av kraven. Viss utrustning som tillhör det elektriska området har krav på AMP via det mekaniska området och struktur området (XLM10, M38 och XLS6). När det gäller högspänningskomponenter över 35 kV (kablar och kontaktdon) ska dessa hanteras i anläggnings-specifika åldringshanteringsprogram.

Övrigt

NRC har även utfärdat en Regulatory Guide, RG 1.211 [26] som ger anvisningar för hur man ska kvalificera säkerhetsklassade kablar.

Enligt föreskriften 10CFR54 ska en komplettering göras i gällande FSAR (Final Safety Analysis Report) som sammanfattar åldringshanteringsaktiviteter och resultatet av TLAA för den utökade tillståndstiden i LR.

5.6.4. Exempel från andra länder

I studierapporten SSM 2012:16 [5] angående problematik vid byte av el- och I&C utrustning finns även en kort sammanfattning vad som sker inom området åldringshantering i ett antal länder vilken bygger på IAEA TECDOC 1402 [27]. Nedan följer en redovisning av några intressanta länder förutom Finland och USA vilka SSM själv gjort djupare studier för i utredningen från 2010.

Frankrike

De franska kärnkraftverken konstruerades för en livslängd på 40 år och för stunden diskuteras en förlängning av denna med 20 år vilket ställer krav på genomgång av anläggningarna och åldringsbedömning av komponenter.

EDF (Electricity of France) har sedan 1980 varit involverad i flertalet projekt och program som handlar om förlängning av anläggningars livslängd. Från dessa har man kommit fram till följande:

- Vikten av att uppdatera befintliga underhållsprogram
- Utveckla metoder för utbyte eller reparation
- Att initiera nya forsknings- och utvecklingsprojekt



Erfarenheter från franska revisioner, som alla kraftverk genomgår, visar att de största problemen som uppstår bland styr- och reglerutrustningar beror på inkurans då det uppstår problem att underhålla originalsystemet i längre än 25 år.

Japan

I Japan ligger fokus på åldring av kablage, vilket även framgår i avsnitt 5.2.3. Flertalet projekt om övervakning och utvärdering av åldringseffekten på kablar i kärnkraftverk pågår vid olika institutioner.

Korea

Korea har 18 kommersiella kärnkraftverk där den äldsta anläggningen varit i drift sedan 1978. Åldring av I&C- komponenter som påverkar normal drift och säkerhet av kärnkraftsanläggningen samt problem med obsoleta I&C- komponenter efter ca 15-20 års drift, har identifierats som viktiga problem vad gäller anläggningens livslängd.

I Korea finns ett särskilt företag vars uppgift är att kontinuerligt övervaka och kontrollera I&C- komponenters status samt utföra regelbundna inspektioner under planerade stopp.

Exempel på komponenter som systematiskt gått igenom och bytts ut med hänsyn till åldring och obsoleta delar är PCBs, Reläer, Thyristors/dioder, AOVs, Kablage, Processkyddssystem (Process Protection System), Processkontrollsystem (Process Control System) och Anläggningsövervakningssystem (Plant Monitoring system).

Storbritannien

I Storbritannien sker var 10:e år en periodisk genomgång av anläggningens säkerhet för att säkerställa att anläggningens säkerhet håller en tillräcklig nivå vid drift tills nästa genomgång. Denna genomgång inkluderar bedömning av åldring och degradering av anläggningens styr- och reglersystem.

Storbritannien har även ett system för att samla in och utvärdera drifterfarenheter, Operational Feedback OEF, med syfte att genomföra förbättringar i konstruktion, drift och underhåll av brittiska kärnkraftverk. Arbetet genomförs inom en central enhet, CFU, Central Feedback Unit, som håller i kontakt med internationella organisationer och motsvarande databaser och rapporter bland annat till WANO (World Association of Nuclear Operators) och IRS (Incident Reporting System)

Exempel på ett område där det pågår forskning är åldring av elkablar, eftersom åldring av kablage i styr och reglersystem innebär en stor påverkan som helhet.

5.6.5. IAEA rekommendationer och guider



IAEA har utfärdat en rad dokument som i varierande grad används av medlemsländerna i samband med åldringshantering och PSR. Av IAEA:s publikationer kan nämnas:

- Ageing Management for Nuclear Power plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-2.12, 2009, [4]. Här ges grundsynen på åldringshantering och hur åldringshanteringsprogram bör innehålla och utformningen av programmen.
- Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-2.10, 2003 (är f.n. föremål för revidering), [28]. Här finns allmänna anvisningar för hur PSR av kärnkraftanläggningar bör bedrivas och innehåller bl.a. riktlinjer för hur åldringsprogrammen kan granskas i samband med en PSR.
- Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Report Series No. 57, 2008, [29]. Detta dokument ger riktlinjer för dels hur åldringsfrågor bör hanteras för reaktorer som man avser att driva under lång tid, dels hur tidsberoende säkerhetsanalyser (som har gällt under en begränsad tid vid anläggningens konstruktion) kan uppdateras för att påvisa tillräcklig säkerhet även vid förlängd drifttid. En förnyad tidsberoende analys ska påvisa att ett av följande villkor är uppfyllt:
 - a) De befintliga analyserna är giltiga även för den förlängda drifttiden.
 - b) Analyserna har utsträckts till att gälla till och med den förlängda drifttiden.
 - c) Man visar via en effektiv åldringshantering att man har kontroll på den aktuella komponenten utsatt för alla relevanta åldringsmekanismer.
- Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-2.6, 2002, [30].
- Final Report of the Extrabudgetary Programme on Safety Aspects of Long Term Operation (SALTO) of Water Moderated Reactors, IAEA, 2007, [31]. Här finns bl.a. riktlinjer för hur effektiva åldringsprogram bör vara beskaffade för att kunna utnyttjas för bedömning av långtidsdrift.

Det finns även två nya så kallade specifika IAEA kravrekommendationer som berör åldring

- IAEA Design Specific Safety Requirements SSR 2/1 [32]
- IAEA Commissioning and Operation Specific Safety Requirements SSR 2/2 [33]

IAEA håller för närvarande på med ett arbete för att ta fram en motsvarande rapport som tidigare tagits fram av NRC i USA, Generic Aging Lessons Learned, (GALL). Denna rapport kommer att innehålla liknande erfarenheter från ett internationellt perspektiv, International Generic Aging Lessons Learned, (IGALL). Första utgåvan av IGALL-rapporten [12] är ännu ej helt färdigställd. I arbetet deltar även Sverige med representanter från SSM och svensk kärnkraftsindustri.

El- och I&C utrustning behandlas i IGALL rapporten. För el och I&C finns tre olika sammanställningstabeller över exempel på komponenter, beroende på dess funktion i anläggningen, som kan vara aktuella som övervakningsobjekt vid långa drifttider (LTO). Tabellerna innehåller förutom komponenttyp, information om material, miljö känslighet, degraderingsmekanismer, åldringseffekt, säkerhetsstrategi och lämplig rutin för kontroll och test.

5.7. Återkommande helhetsbedömning

Nuvarande strategi för att säkerställa en säker drift av befintliga kärnkraftanläggningarna inför långa drifttider bygger på att tillståndshavarna gör återkommande helhetsbedömningar (PSR) minst vart tionde år och som granskas av SSM. Dessutom ska tillståndshavarna kontinuerligt arbeta med åldringshanteringsprogram.

Kravbild

Kraven på PSR återfinns sedan 2011 i lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (LKV), från att tidigare har varit en föreskrift, vilket redovisas i avsnitt 4.1.1. I lagen framgår bl.a. (§ 10a) att:

Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnteknisk anläggning ska minst vart tionde år göra en helhetsbedömning av anläggningens säkerhet och strålskydd. Bedömningen ska göras med hänsyn till utvecklingen inom vetenskap och teknik. Den ska innehålla analyser och redogörelser av

1. på vilket sätt anläggningens konstruktion, funktion, organisation och verksamhet uppfyller kraven i denna lag, miljöbalken och strålskyddslagen (1988:220) samt föreskrifter och villkor som har beslutats med stöd av dessa lagar, och
2. förutsättningarna för att dessa föreskrifter och villkor ska kunna uppfyllas fram till nästa helhetsbedömning.

Här framgår tydligt att PSR ska innehålla analyser och redogörelser för hur förutsättningar för att krav enligt lag och föreskrifter ska kunna uppfyllas intill nästa helhetsbedömning, normalt 10 år.

I allmänna råd till 4 kap. 4 § i SSMFS 2008:1 finns förtydliganden om vad den återkommande helhetsbedömningen ska innehålla. Där framgår att åldringsfrågor återfinns i område 7, underhåll, material- och kontrollfrågor med särskilt beaktande av degradering p.g.a. åldring.

Vidare framgår bl.a. att analyser bör göras av hur anordningar och verksamheter inom varje område uppfyller såväl myndighetskrav som interna krav vid analystillfället och om de tillämpade lösningarna har fortsatt kapacitet att förebygga sådana möjliga brister i barriärer och djupförsvaret som kan leda till radiologisk olycka. Vidare bör en systematisk analys göras inom varje område av hur anordningar och verksamheter uppfyller för anläggningen relevant ny säkerhetsstandard och praxis. Åtgärdsbehov som följer av dessa analyser bör listas och dess säkerhetsbetydelse värderas med hjälp av deter-



ministiska och i förekommande fall probabilistiska metoder, eller där detta inte är möjligt eller rimligt genom expertbedömning med angivna kriterier.

Lägesbild

Det kan konstateras att åldringsfrågor för el och I&C utrustning har varit sparsamt behandlade i samband med SSM:s hittills genomförda granskningar av helhetsbedömningarna. Dock är materialet sparsamt då inte så många PSR har genomförts sedan föreskrifterna trädde i kraft.

Värt att notera är att i de allmänna råden endast uttryckligen nämns den fysiska åldringsaspekten degradering. Denna utredning visar att för fysisk åldring finns det flera viktiga områden som måste beaktas vilket även de utländska lärodomarna visar. Dessutom finns vissa problem inom området teknologisk åldring som kan komma att behöva beaktas.

Ytterligare en aspekt kom fram under det underhållsseminarium som SSM höll hösten 2011 [14]. Det var representanter för tillståndshavarna som gärna ville ha förtydliganden om vad som bör ingå i den återkommande helhetsbedömningen när det gäller redovisning av åldringsfrågor. Vad bör betonas, program, resultat etc.

5.8. Standarder inom el och I&C området

I det inledande kapitlet om svensk kravbild framgår att för el- och I&C utrustning finns för närvarande inga egna föreskrifter, liknande de som finns för mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:13), vilket är fallet i flertal andra länder. När det gäller miljökvalificering finns dock krav på miljötålighet (17 § SSMFS 2008:17) med rekommendationer avseende miljökvalificering i de allmänna råden till motsvarande paragraf.

En sammanställning av olika standarder som är relevanta inom området åldring och åldringshantering för e- och I&C utrustning redovisas i bilaga 1.

6. Slutsatser och rekommendationer

6.1. Resultatsammanfattning och diskussion

De svenska kärnkraftanläggningarnas säkerhetssystem och dess kontrollutrustning är nästan helt beroende av elförsörjning. Dessutom är säkerhetssystemen starkt beroende av kontrollutrustningens funktion i sig. Elutrustning, främst kablar är avgörande komponenter för anläggningens elförsörjning till säkerhetssystemen. Kablar är även avgörande komponenter vid signalöverföring inom säkerhetssystemen.

Felände el- och I&C utrustning kan ge omedelbara effekter på säkerheten men det är lättare att åtgärda de flesta problemen, om de är kända, jämfört med många mekaniska komponenter eller byggnadsdelar.

Kunskapsläget om åldrande el- och I&C-utrustning

Det kan konstateras att det finns en god kunskap om åldringsfenomen och åldringshantering för el- och I&C-utrustning inom kärnkraftbranschen. Dessutom pågår nationella och internationella forskningsprogram och erfarenhetsutbyten inom ramen för IAEA och OECD/NEA för att kontinuerligt öka kunskapen inför allt längre drifttider för befintliga kärnkraftverk.

Fokus ändras från att skapa förståelse för åldringsproblematik, främst fysisk åldring av kablar, till att förbereda åldringsprogram och ta fram komponent-specifika riktlinjer. En av lärdomarna från de utländska erfarenheterna är att även teknologisk åldring numera har blivit mer uppmärksammat. Det gäller framför allt för I&C-utrustning.

Fysisk åldring

Fysisk åldring och miljökvalificering (typprovning) av elektriska komponenter för att tåla stränga omgivningsmiljöer har behandlats under lång tid, främst för kablar.

Det finns potentiella risker att fysisk åldring kan resultera i samtidig utslagning av komponenter av samma slag i redundanta system (Common Cause Failure, CCF). Därför krävs identifiering och ökad vaksamhet för eventuell förekomst av sådana potentiella risker.

Många kontakter används inte regelbundet i säkerhetssystemen då de endast behövs för sin säkerhetsfunktion. Resultaten från SSM:s studie [6] visar, från sökning i kärnkraftverkens gemensamma databas för inträffade komponentfel (TUD), på en liten ökning av fel de senaste åren som kan associeras med kontakter. Det statistiska materialet var dock för litet för att kunna dra säkra slutsatser. I kompletterande intervjuer framkommer att det finns en stor medvetenhet hos tillståndshavarna för kontakteringsproblem som kan påverka säkerheten. Den generella uppfattningen är att kontakteringsproblem inte är något större bekymmer om man jämför med andra typer av fel men



när man väl upptäcker några problem/brister kring kontakteringar så vidtar man kraftfulla åtgärder.

Teknologisk åldring – utfasad utrustning

En av lärdomarna från studierna av andra länders syn på åldringshantering är att teknologisk åldring (utfasning) numera har blivit mer uppmärksammat. I enlighet med IAEA rekommenderar utredningen att även detta område bör vara en del av programmen för åldringshantering hos de svenska tillståndshavarna, vilket är särskilt viktigt för I&C utrustning.

En ganska allmän uppfattning i Sverige är att brist på rätt reservdelar eller service i första hand påverkar produktionen och inte säkerheten, då de kravställda säkerhetstekniska förutsättningarna (STF) sätter stopp för drift om inte alla driftklarhetskriterier är uppfyllda.

Däremot kan reservdelar som legat länge i lager med okänd åldringsstatus utgöra en potentiell säkerhetsrisk. Här spelar även lagringsmiljön in avseende åldring av reservdelar. Ett annat problem som har uppmärksammats nyligen är att ersättningsreservdelar inte har samma robusthet eller samma egenskaper som originalreservdelar. Dessa fall har hittills dock inte gällt el- och I&C-utrustning inom kärnkraftindustrin. Ytterligare ett problem som har dykt upp avseende ersättningsreservdelar är s.k. falska produkter som kan vara svåra att upptäcka då även olika ursprungstyper är falska men ser riktiga ut.

Med anledning av dessa rön har SSM under 2011 gått ut med ett antal frågor till alla tre tillståndshavare för kärnkraftverken avseende reservdelar och främst ersättningsreservdelar. Inkommen information håller för närvarande på att utvärderas.

Ett område som berörs i IAEA:s syn på teknologiska åldringsfrågor, är att kunskap blir inaktuell eller kunskap om äldre utrustning fasas ut med personer som slutar. Detta berörs nedan under problematik vid utbyte åldrad utrustning.

Utrustningens miljötålighet vid långa drifttider

Miljökvalificering av komponenter (typprovning) med avseende på fysisk åldring går ut på att säkerställa en kvalificerad livslängd för en viss omgivningsmiljö och givna specificerade prestanda. Samtliga svenska tillståndshavare har ett miljökvalificeringsprogram.

När den kvalificerade livstiden är slut behöver komponenter bytas ut mot nya kvalificerade ersättningskomponenter för resterande tid eller bevisas ha en viss fortsatt livslängd vilket kräver en uppdaterad kvalificering. Miljökvalificering har behandlats under lång tid och avser säkerhetsklassad utrustning som finns i reaktorinneslutningen och därmed kan utsättas för DBA-händelser (Design Basis Accident).

Det är ofta fråga om en ekonomisk avvägning om man ska byta till nya kvalificerade komponenter eller göra en uppdaterad kvalificering, då vissa kab-

lar t.ex. är mycket svåråtkomliga för byte eller att det finns stora mängder av komponenter som behöver bytas ut.

Miljökvalificering av kablar

Med åldring hos kablar är det framför allt förändringar i de polymera materialen i isolering och mantel som avses. Åldring leder till materialförändringar som inte påverkar funktionsegenskaperna vid normal driftmiljö men kan innebära att funktionskraven under DBA inte uppfylls. Åldring i förtid kan leda till att funktionsegenskaper påverkas även i normal driftmiljö om den aktuella driftmiljön inte är vad man från början förutsåg. US NRC konstaterar t.ex. i den nya guiden ”Condition Monitoring Techniques, RG 1.218” [17], att senare års drifterfarenheter i USA visar på flera fel på kraftkablar samt förhöjd felfrekvens inom den 40-åriga licenstiden.

SSM har varit tidig med att avgränsa de bedömningar som kan göras om kvalificerad livstid med utgångspunkt från initial miljöprovning före installation. Senare års studier visar att metoderna för den accelererade åldringen som ingår i miljökvalificeringarna kan behöva ses över. Exempelvis rekommenderas i OECD/NEA:s SCAP rapport [13] samtidig artificiell termisk åldring och strålningsåldring. Denna metod bedöms bättre spegla verklig åldring under normala driftförhållanden än den konventionella metoden med sekventiell följd av artificiell termisk och strålnings åldring. I den nya metoden rekommenderas också att aktiveringsenergi ska utgå från aktuell driftmiljö i respektive anläggning i stället för förhöjda nivåer på aktiveringsenergi.

De strategier som för närvarande används i Sverige kan vara applicerbara även vid långa drifttider. En förnyad genomgång kan dock behövas för att säkerställa korrekt hantering och uppföljning vid långa drifttider.

Kontroll och övervakning av åldrande utrustning (condition monitoring)

Medvetandet om behov av olika uppföljning av komponenters tillstånd efter installation har ökat i de flesta länder. Uppföljningsbehovet framgår även i en tidigare SKI rapport 01:17 [7]. Det är viktigt att uppföljning av komponenter efter installation är en del av åldringshanteringsprogrammet.

Erfarenhetsbaserad kunskap visar att enskilda metoder för tillståndskontroll har sina begränsningar varför en kombination av tillståndsbaserade kontroller bör användas för att motverka de enskilda metodernas begränsningar. Här behövs troligen mer forskning för att få en optimal kombinationsmetod.

Flera studier och rekommendationer i andra länder förstärker uppfattningen att en utökad övervakning av komponenters omgivningsmiljö under drift bör ske inför långa drifttider. Detta krävs för att försäkra sig om omgivningsmiljön inte är strängare än den som är ansatt i tidigare miljökvalificeringar. Detta är särskilt viktigt efter effekthöjningar visar Japanska studier [13].

Även på detta område bör en ökad uppföljning ske av tillståndshavarnas arbete, för att försäkra sig om att denna kunskap omsätts i rutiner och tillämpas i tillräcklig omfattning inför långa drifttider.

Sammantaget bedöms att läget är gott avseende kunskap om utvecklade metoder för att övervaka och ha kontroll (tillståndskontroll) på åldrande el- och I&C-utrustning. Erfarenhetsuppföljning och forskning pågår även kontinuerligt. De rekommendationer som nämnts ovan avseende intensifierad övervakning av omgivningsmiljön rekommenderas även för svenskt vidkommande.

Problem vid utbyte av åldrad el- och I&C-utrustning

Kunskap finns om varför åldrande el- och I&C-utrustning behöver bytas ut på grund av ålder eller andra anledningar. För att bibehålla hög säkerhet behöver utbyten planeras väl och kunskaper tillämpas.

Inför och vid utbyten av åldrad utrustning uppstår nya problem som kan påverka säkerheten. Ny utrustning bygger ofta på annan teknik, kan uppföra sig på annat sätt i onormala situationer än den ursprungliga utrustningen eller så har kunskap om den nya utrustningen inte fullt ut nått användaren. Forsmarkhändelsen 2006, beskriven i [3], visade exempel på detta, bl.a. för nya generatorskydd eller ny utrustning för avbrottsfri elkraft till säkerhetssystemen.

Den under 2011 genomförda studien [5] visar på ett flertal områden som bör beaktas av tillståndshavarna och inför framtida tillsynsstrategier. Till exempel framgår att konstruktionsprocessens efterlevnad och genomförande är mycket viktig för säkerheten. Genom att el- och I&C-utrustningen förändras och även blir mer komplex samt att personalen som kan de äldre systemen åldras och pensioneras, försvåras konstruktions- och verifieringsarbetet.

Här kan det finnas grund för att undersöka om uppdaterade eller förändrade konstruktions- och verifieringsprocesser kan vara ett sätt att säkerställa hög säkerhet för de nya allt mer komplexa och programvarubaserade el- och kontrollsystemen som introduceras i samband med moderniseringar.

SSM:s utredning 2010 [1] visade även, baserat på erfarenheter från t.ex. flygledningsområdet som haft programvarubaserade kontrollsystem under relativt lång tid, att förkortade livscyklar på utrustningen kommer att kräva en annan typ av planering. Detta är speciellt viktigt för reaktorskyddssystem.

Problematiken med programmerbara kontrollsystem är även relevant för nya kärnkraftverk som från början har digitala kontrollsystem. SSM planerar ett forskningsuppdrag inom detta område under 2013/2014. Andra högsäkerhetsbranscher med längre tidsmognad av att använda komplexa programvarubaserade system bör studeras. Även SSM:s tillsynsstrategi kan behöva ses över för denna typ av utrustning.

Ett annat resultat som kommer fram är ytterligare belägg för hur viktigt det är med genomtänkta och tillämpade program för kunskapsöverföring. Avsaknad av lämplig kunskap och kompetens påverkar direkt förmågan att ta fram en korrekt och komplett kravspecifikation, inklusive specifikation för verifierande provning av den nya utrustningen. Här behöver fördjupade till-



synsaktiviteter sätts in av SSM, för att försäkra sig om att relevant kunskap om äldre utrustning av betydelse för säkerheten lever kvar.

Även krav på underleverantörer avseende kunskapsöverföring är viktiga t.ex. för att erhålla tillräcklig djup dokumentation eller få kännedom om olika inbyggda skyddsfunktioner. Att inbyggda skyddsfunktioner är av största intresse beror på att internt skydd av den enskilda utrustningen i sig inte får gå före att utföra den primära säkerhetsfunktionen i anläggningen.

Nuläge för åldringshantering av el- och I&C-utrustning i Sverige

Alla tillståndshavare har en övergripande strategi för åldringshantering dokumenterad i ett åldringshanteringsprogram. Åldringsfrågorna omhändertas på ett systematiskt sätt. Djupet och upplägget skiljer sig delvis åt. Programmen är även föremål för en regelbunden uppdateringsprocess.

När det gäller hantering av miljökvalificering och uppdaterad miljökvalificering samt tillståndskontroll av olika slag är det dock oklart eller framgår inte i den översiktliga genomgången som gjorts av programmen, hur dessa aktiviteter kommer in i åldringshanteringen.

En del av åldringshanteringen är att upprätta förteckningar över utrustning, som genom analyser resulterar i krav på åldringshantering. Förteckningarna bör även innehålla utrustningarnas aktuella åldringsstatus. Alla tillståndshavare har påbörjat denna process eller håller på att slutföra denna process. Arbetet är mycket omfattande på grund av det stora antalet komponenttyper och olika utrustningar. Alla tre tillståndshavarna för kärnkraftverken indikerar att de är färdiga med den första genomgången av sina systemstatusrapporter.

Lärdomar från andra länder

Enligt IAEA är åldringshantering en nyckelfaktor för en säker och tillförlitlig drift av en kärnkraftanläggning, särskilt för långa drifttider. En effektiv åldringshantering åstadkoms genom att koordinera befintliga program inom drift och underhåll inklusive analys av åldringsmekanismer. Dessutom behöver koordinering ske med program för forskning och utveckling.

Det konstaterades i SSM utredningen från 2010 [1] att det förekommer en mer detaljstyrd åldringshantering och tillsyn inom el- och I&C-området i båda de studerade länderna Finland och USA, i jämförelse med Sverige. I både länderna är åldringshanteringsprogrammen för el och I&C en viktig del vid tillståndsgivning för förlängda drifttider. För Finlands del ska resultatet av åldringshanteringsprogrammen inklusive eventuella åtgärdsprogram och tidplaner redovisas i en årlig rapport som ska delges STUK. I Finland tillämpas dessutom en mer regelbunden uppföljning av programmen än vad som tidigare gällt i Sverige. De årliga rapporteringsresultaten värderas och sammanfattas sedan i PSR-rapporten (återkommande helhetsbedömning).

Föreliggande utredning rekommenderar att rapporteringskraven bör utökas avseende åldringsfrågor inför långa drifttider. Lämplig utgångspunkt är den

finska modellen för el- och I&C-utrustning med årlig rapportering samt samlad värdering och sammanfattning i PSR.

Återkommande helhetsbedömning (PSR)

Information som framkommit i denna utredning tyder på ett behov av förtydliganden och tillämpningsanvisningar för el och I&C när det gäller vad som bör ingå för åldringsfrågor och åldringshantering i PSR (Periodic Safety Review) för långa drifttider. I SSM:s utredning 2010 [1] rekommenderades även att det i samband med PSR bör större vikt än vad som tidigare varit fallet, läggas vid tillståndshavarnas sätt att hantera åldringsfrågor. Vidare rekommenderades i [1] att SSM bör ställa tydligare krav på att tillståndshavarna redovisar mer analyser och statusredovisningar för långa drifttider (se avsnitt ovan, lärdomar från andra länder). Detta gäller särskilt för säkerhetskritiska kablar. Det framkom även i utredningen att det bör förtydligas vilka krav som myndigheten ställer avseende omfattning och innehåll av analyserna samt acceptans av dessa analyser där detta är möjligt och rimligt.

En annan rekommendation i föreliggande utredning är att SSM bör arbeta fram en generisk granskningsplan för el- och I&C-utrustning som intern vägledningsguide, för de flesta typer av strukturer, system och komponenter som ingår i en PSR.

6.2. Slutsatser och rekommendationer el och I&C

Förutsättningarna för att driva reaktorerna under längre tider än 40 år.

Det finns en god kunskap om åldringsfenomen och åldringshantering för el- och I&C-utrustning inom kärnkraftbranschen. Forskningsprogram och erfarenhetsutbyten pågår på flera håll för att kontinuerligt öka kunskapen inför längre drifttider av befintliga kärnkraftverk.

Jämfört med många mekaniska strukturer och komponenter eller byggnadsdelar är felande eller åldrad el- och I&C-utrustning lättare att åtgärda, om problemen är kända, genom utbyten eller större moderniseringsprogram.

Sammantaget bedömer utredningen att den åldringsproblematik som förekommer i de svenska kärnkraftanläggningarna avseende el- och I&C-utrustning, omhändertas på ett tillfredsställande sätt. Alla tillståndshavare har en övergripande strategi för åldringshantering dokumenterad i ett åldringshanteringsprogram, vilket bör ge goda förutsättningar för säker drift även vid långa drifttider.

Utredningen belyser emellertid ett antal områden där fortsatta kontroller, analyser, utveckling av metoder och kunskap behövs för att programmen för åldringshantering på ett mer effektivt sätt ska kunna fånga upp tidiga indikationer på säkerhetsbrister inom el- och kontrollutrustning till följd av långa drifttider. Utredningen belyser även ett antal områden där det kan behövas förändringar avseende tillsyn och föreskrifter.

Behov av förändrade krav och tillsynsinsatser inför längre drifttider än 40 år.

För att tillförsäkra att åldringpåverkan på kärnkraftreaktorernas el- och kontrollutrustning inte innebär några oacceptabelt höga risker, är följande förändringar i krav och tillsynsinsatser aktuella för längre drifttider än ca 40 år:

Rekommenderade förändringar i krav:

1. Det finns behov att klarlägga krav och tillämpningsanvisningar för vad som ska ingå i den återkommande helhetsbedömningen inför långa drifttider avseende åldringsfrågor och åldringshantering för el- och kontrollutrustning. Bl.a. rekommenderas att SSM ställer tydligare krav på att tillståndshavarna redovisar mer analyser inför långa drifttider samt att det bör förtydligas vilka krav som SSM ställer vad gäller omfattning och innehåll av analyserna.
2. Det är viktigt att tillståndshavarnas uppföljning av komponenter efter installation är en del av programmen för åldringshantering. I de nuvarande föreskrifterna SSMFS 2008:1 och SSMFS 2008:17 finns i de allmänna råden endast rekommendationer på att det ska finnas olika aktiviteter som rör själva åldringsmekanismerna.
3. I programmen för åldringshantering bör finnas förteckningar över utrustning, som genom analyser resulterar i krav på åldringshantering. Förteckningarna bör även innehålla utrustningarnas aktuella åldringsstatus.
4. Rapporteringskraven för tillståndshavarna bör utökas avseende åldringsfrågor inom el och I&C inför långa drifttider. Rapporteringen bör omfatta viktiga resultat från åldringshanteringsprogrammen samt sammanfattningar av statusen på kablar och övrig utrustning som indikerar åldringsproblem. Kraven på åldringshanteringsprogrammen i 5 kap. 3 § SSMFS 2008:1 behöver förtydligas i detta avseende. Statusrapporteringen bör utgå från genomförda tillståndskontroller. Den utökade rapporteringen kan lämpligen göras i samband med årsrapporten enligt 7 kap. 3 § SSMFS 2008:1. I samband med den återkommande helhetsbedömningen bör en samlad värdering och sammanfattning av den årliga rapporteringen ske.
5. I enlighet med IAEA:s riktlinjer rekommenderas att teknologisk åldring (utfasning) bör vara en del i programmen för åldringshantering hos svenska tillståndshavarna, vilket är särskilt viktigt för I&C-utrustning. Teknologisk åldring bör då följas upp i SSM:s tillsyn.

Rekommenderade förändringar i tillsynsinsatser:

6. SSM:s tillsyn av tillståndshavarnas åldringshanteringsprogram bör förstärkas i samband med att reaktorerna blir allt äldre för att säkerställa att tillståndshavarna har tillräcklig kontroll över åldrande utrustning och att nödvändiga skadeförebyggande och skadeavhjälpande åtgärder fortlopande vidtas.
7. En del av den förstärkta tillsynen av åldringshanteringsprogrammen ska särskilt gälla hantering av miljökvalificering och uppdaterad miljökvali-



ficering samt tillståndskontroll av olika slag av icke utbytta komponenter.

8. Samtliga svenska tillståndshavare har ett miljökvalificeringsprogram. De strategier som för närvarande används i Sverige och det arbete som bedrivs inom miljökvalificering kan vara applicerbart även vid långa drifttider. En förnyad genomgång av kvalificeringsprogrammen kan dock behövas för att säkerställa korrekt hantering och uppföljning vid långa drifttider. Det gäller t.ex. för accelererad åldring. Utredningen rekommenderar även en övergång till att använda tillståndsbaserad kvalificering som komplement till att endast använda kvalificering av ursprunglig definierad livstid, då det bättre säkerställer att komponenterna fungerar på avsett sätt.
9. När den kvalificerade livstiden är slut behöver komponenter bytas ut mot nya kvalificerade ersättningskomponenter för resterande drifttid eller bevisas ha en viss fortsatt livslängd vilket kräver en uppdaterad kvalificering. Denna del av åldringshanteringen är mycket viktig och här bör en ökad uppföljning ske av tillståndshavarnas arbete.
10. Inom området tillståndskontroll bör en utökad övervakning ske av komponenters omgivningsmiljö under drift inför långa drifttider. Det krävs för att försäkra sig om att omgivningsmiljön inte är strängare än den som är ansatt i tidigare miljökvalificeringar. Detta är särskilt viktigt efter effekthöjningar. Här behövs en ökad uppföljning av tillståndshavarnas arbete, för att försäkra sig om att denna kunskap omsätts i rutiner och tillämpas i tillräcklig omfattning inför långa drifttider.
11. SSM behöver bedriva fördjupade tillsynsinsatser avseende kunskapsöverföringsprogram inom el- och I&C-området för att försäkra sig om att relevant kunskap om äldre utrustning av betydelse för säkerheten lever vidare.
12. SSM:s tillsynsstrategi behöver ses över och dokumenteras för de nya allt mer komplexa och programvarubaserade digitala el- och I&C-systemen som introduceras i samband med moderniseringar. Översynen görs lämpligen i en utredning med stöd av forskningsuppdrag. Denna översyn av tillsynsstrategin har även bäring mot eventuella nya kärnkraftverk.
13. Reservdelar som legat länge i lager, vilka kan ha okänd åldringsstatus, kan utgöra en potentiell säkerhetsrisk. Här spelar även lagringsmiljön in avseende åldring av reservdelar. Dessutom har det uppmärksammats nyligen att ersättningsreservdelar inte har samma robusthet eller samma egenskaper som originalreservdelar. För detta område bedömer utredningen att det krävs en ökad uppmärksamhet i tillsynen.
Ytterligare ett problem som har dykt upp, vilken kräver ökad uppmärksamhet avseende ersättningsreservdelar, är s.k. falska produkter. Dessa kan vara svåra att upptäcka då även olika ursprungstyp är falska men ser riktiga ut. Problemet med falska produkter är ett generellt problem, inte bara för el- och I&C-utrustning.



7. Referenser

1. Tillsyn och förutsättningar för långa drifttider av åldrande kärnkraftanläggningar, Utredningsrapport SSM 2010/659, 2011-11-29
2. Utredning av frågeställningar inom el- och kontrollutrustning (I&C) inför långa drifttider, Utredningsplan SSM2011-317-1, 2011-02-05
3. Defence in Depth of Electrical Systems and Grid Interaction. Final DIDELSYS Task Group Report. OECD NEA/CSNI/R(2009)10, November 2009
4. IAEA, Safety Standards, Ageing Management for Nuclear Power Plants No. NS-G-2.12 Safety Guide, 2009
5. El- och kontrollutrustning i kärnkraftverk – Problematik vid utbyte av åldrad utrustning, SSM Forskningsrapport 2012:16, ref. SSM2011-2254, ÅF Industry AB, 2012
6. Frågeställningar avseende elektriska kontakteringar vid långa drifttider inom svensk kärnkraft, ref SSM2011-2253, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2011-12-16
7. Kvalificering av elkomponenter i kärnkraftverk, del A Hantering av åldring, del B Underlag till hantering av åldring, SKI Rapport 01:17, Maj 2002.
8. Tekniska bestämmelser för elektrisk utrustning (TBE) och Kvalitets- och kontrollbestämmelser för elektrisk utrustning (KBE), TBE/KBE-dok Vattenfall och OKG
9. IAEA-TECDOC-1147 Management of Ageing of I&C Equipment in NPPs, 2000
10. IAEA-TECDOC-1188 Assessment and Management of ageing of major nuclear power plant components important to safety, vol. 1 and 2, 2000
11. Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report – Final Report (NU-REG-1801, Revision 2), September 2005
12. IAEA Safety Report Series No. xx Draft 15 Dec 2011, International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) FINAL REPORT (ej klar)
13. SCC and Cable Ageing Project (SCAP), Final Report OECD/NEA, 2010
14. Underhållsseminarium 9-10 november 2011, dok-nr. SSM2011-2028-12, OH -bilagor finns på CD
15. The Final Report of The Project of Assessment of Cable Ageing for Nuclear Power Plants, Appendix 6, Guide for Cable Environmental Qualification Test for Nuclear Power Plants, JNES-SS-0903
16. IAEA Nuclear Energy Series Report on "Assessing and Managing Cable Ageing in NPPs", D-NP-T-3.6 (kommer att publiceras 2012)
17. US NRC Regulatory Guide 1.218, Condition Monitoring Techniques for Electric Cables used in Nuclear Power Plants, april 2012
18. US NRC Essential Elements of an Electric Cable Condition Monitoring Program, NUREG/CR-7000, BNL-NUREG-90318-2009, January 2010



19. Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Management of ageing of electrical cabling systems, IEC 62465, 2010-05
20. Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Electrical equipment condition monitoring methods - Part 1-4, IEC 62582, 2011-08
21. US NRC Standard Review Plan for Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants — Final Report (NUREG-1800, Revision 2), December 2010
22. Implementation and review of nuclear power plant ageing management programme, IAEA Safety Report Series No. 15, 1999
23. SKI Utredningsrapport – Åldringshanteringsprogram, Behov och innehåll. 2006-09-07, ref 10738. Docs nr 50040
24. Electrical power systems and components at nuclear facilities, YVL 5.2, STUK, 24 June 2004.
25. Instrumentation systems and components at nuclear facilities, YVL 5.5, STUK, 13 September 2002.
26. US NRC Regulatory Guide 1.211, Qualification of Safety Related Cables and Field Splices for Nuclear Power Plants, april 2009
27. IAEA, Management of life cycle and ageing at nuclear power plants: Improved I&C maintenance, IAEA-TECDOC-1402, August 2004
28. Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.10, IAEA, 2003.
29. Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Safety Report Series No. 57, IAEA, 2008.
30. Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-2.6, 2002.
31. Final Report of the Extrabudgetary Programme on Safety Aspects of Long Term Operation (SALTO) of Water Moderated Reactors, IAEA-EBP-SALTO, IAEA, July 2007.
32. IAEA, Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements No. SSR-2/1, 2012
33. IAEA, Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation, Specific Safety Requirements No. SSR-2/2, 2011



Bilaga 1. Översikt av standarder för elektrisk utrustning och kontrollutrustning (I&C) inom åldringsområdet

International Electrotechnical Commission (IEC)

Kvalificering

IEC 60780 Nuclear power plants – Electrical equipment of safety systems Qualification.

Åldringshantering

IEC 62465 Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Management of ageing of electrical cabling systems.

IEC 62342 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety - Management of ageing.

Tillståndskontroll

IEC 62582-1 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods, Part 1: General.

IEC 62582-2 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods, Part 2: Indenter modulus.

IEC 62582-3 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods, Part 3: Elongation at break.

IEC 62582-4 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods, Part 4: Oxidation induction techniques.

Teknologisk åldring – obsolet utrustning

IEC 62402:2007 Obsolescence management – Application guide.

Denna är även upptagen som svensk standard SS-EN 62402, ”Riktlinjer för hantering av utfasning”.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

IEEE std 308-2003 Standard criteria for class 1E equipment for power systems for nuclear generating stations.

IEEE std 603-1998 Standard criteria for safety systems for nuclear power generating stations - description

IEEE std 323-2003 Standard for qualifying class 1E equipment for nuclear power generating stations.



IEEE std 383-1974 Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices and Connections for Nuclear Power Generating Stations.

IEEE Standards Interpretation for IEEE Std 3831974, 2005.

IEEE 1205-2000/Cor 1-2006, Guide for Assessing, Monitoring, and Mitigating Aging Effects on Class 1E Equipment Used in Nuclear Power Generating Stations - Corrigendum 1: Thermal Aging Model Corrections.