



## Promemoria

Datum: 2015-06-11

Diarienumr:

Dokumentnr: 15-1920

Handläggare: Eva Simic

Fastställt: Skriv här.

---

## Strålsäkerhetsmyndighetens omvärldsanalys med fokus på forskning 2015

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) finansierar forskning i syfte att ta fram ny kunskap som kan ligga till grund för beslut och överväganden så att myndigheten kan bedriva en effektiv och vederhäftig verksamhet. Ett lika viktigt syfte är att utveckla och upprätthålla den kompetens som behövs för att utveckla ny och använda tillgänglig kunskap, både inom myndigheten och nationellt inom myndighetens verksamhetsområden.

Som ett led i processen (se STYR2011:119) med att identifiera forskningsbehov, och som en del i arbetet med att prioritera forskningsprojekt tar myndigheten fram denna omvärldsanalys. Syftet är att identifiera händelser i vår omvärld som kan ge upphov till forskningsbehov för SSM, i närtid eller på några års sikt. Föreliggande omvärldsanalys har delats upp i myndighetens verksamhetsområden.

### Strålsäker kärnkraft

Verksamhetsområdet omfattar SSM:s verksamhet avseende driften av de tio kärnreaktorerna i Ringhals, Forsmark och Oskarshamn samt bränslefabriken i Västerås (Westinghouse). I verksamhetsområdet ingår även beredning av tillståndsansökningar gällande höjning av termisk reaktoreffekt och nya kärnreaktorer. Tillsyn av moderniseringsåtgärder är också en viktig del. Frågor om kärnämneskontroll och fysiskt skydd inklusive informationssäkerhet i anslutning till kärnreaktorerna och bränslefabriken ingår också.

En betydande del av den forskning som SSM finansierar inom kärnkraftssäkerhet sker i nationella och internationella samarbetsprojekt. Viktiga samarbetspartners är IAEA, OECD/NEA, EU, US-NRC, det finska SAFIR-programmet och svensk industri.

Reaktorhaverierna i Japan 2011 har haft betydande inverkan på forskningen nationellt och internationellt inom kärnkraftssäkerhet. Stora resurser har satsats i många länder (i form av både omedelbara åtgärder och förnyade säkerhetsutvärderingar) på att analysera olyckan och dra slutsatser för det egna landets säkerhetsarbete vilket har resulterat i implementering av åtgärder efter stresstesterna. Samtidigt kan det ligga en risk i att fokusera för ensidigt på en enskild händelse. Det finns även ett antal mindre allvarliga händelser i Sverige och internationellt som det är viktigt att analysera och dra slutsatser från.



Inom följande områden ses ett behov av forskning över de närmaste åren:

### **Riskhantering och organisation**

Händelserna i Fukushima påvisade stora brister i det japanska systemet för säkerhetsarbete och tillsyn inom kärnkraftsområdet. Myndigheternas och kraftverksägarnas agerande före och under olyckan får stark kritik inte minst i den officiella japanska rapporten om olyckan [1].

I samband med många både stora och små investeringar och förändringar i de kärntekniska anläggningarna behövs metoder för att fokusera säkerhetsarbetet på de delar av verksamheten med störst riskbidrag, s.k. riskinformerad drift/tillsyn. Kriterier för att prioritera verksamheten, men även myndighetens tillsyn, behövs inom alla kravområden, såväl tekniska som driftmässiga och organisatoriska.

En ökad automatisering kan leda till att operatörerna i mindre grad är aktiva i den dagliga operativa driften. Ny kunskap behövs om hur träning bedrivs mest effektivt för dessa nya förhållanden.

Kulturella aspekter diskuteras inom pågående forskning i relation till risktagande och säkerhet. Ett exempel är genusperspektivet. Det är känt att maskulint beslutsfattande är överlag mer riskbenäget än feminint. Det har visat sig att en högre medvetenhet om detta har lett till färre olyckor och ökad produktion inom gruvindustrin i Australien [2]. Liknande frågeställningar berör såväl svensk kärnkraftindustri som hälso- och sjukvård.

### **Säkerhetsanalys**

Analyserna och omprövningen av de svenska kärnkraftverkens säkerhet (både reaktor och förvaringsutrymmen för använt bränsle) som följde efter olyckan i Fukushima, de s.k. stresstesterna, visade inte på några direkta säkerhetsbrister [3]. Ett antal öppna frågor kvarstår när det gäller värdering av naturliga yttre riskkällor som naturkatastrofer och mycket ovanliga väderförhållanden, exempelvis jordbävningar och isstormar. Sådana riskkällor är av speciellt intresse för de magnituder som både påverkar kärnkraftsreaktorer och samhällets förmåga i övrigt att hantera situationen, som långvarigt bortfall av kraftförsörjning. Att flera reaktorer på samma anläggningsplats kan drabbas samtidigt behöver också beaktas. Det behövs forskning om frekvensen av händelser med sådan magnitud att de leder till stora konsekvenser, och reaktorernas förmåga att motstå dessa händelser. Även för utvärdering av antagonistiska hot kan stöd av forskning behövas. Följdhändelser såsom brand ingår i denna typ av frågeställning.

Forsmarkshändelsen 2006 och andra händelser på senare tid med störningar i yttre nät eller koppling till yttre nät visar att det finns potentiellt farliga situationer där reaktorerna kan vara sårbara både p.g.a. bortfall eller störning av det yttre nätet i sig, men även p.g.a. att dessa händelser kan fortplanta sig in i anläggningen och påverka säkerhetsfunktionerna, dvs. det finns ett icke önskat beroende mellan djupförsvarsnivåer.

Instrumentation & Control (I&C)-frågor fortsätter att vara ett område med behov av forskningsinsatser. Det visar sig inte minst i de problem som finns i licensieringen av EPR på flera håll i världen, men även i samband med modernisering av befintliga anläggningar.

## Haverifenomen

Händelserna i Fukushima kommer att ge nya kunskaper om haverifenomen. Haveriförloppet i reaktorn och bränslebassängerna var, såvitt känt, i stort sett det man kunnat förvänta under rådande omständigheter. I takt med att mer data blir kända kommer en alltmer detaljerad bild av olycksförloppet att byggas upp. De erfarenheter som bör tas tillvara handlar dels om hur väl ett olycksförlopp av det aktuella slaget kan förutsägas och dels om metoderna för detta kan förbättras, men även om hur haverihanteringsstrategier kan vidareutvecklas.

Områden där kunskapsutveckling behöver fortsätta gäller hantering av den vätgas som genereras i samband med ett svårt haveri samt hållfasthetsverifiering av strukturer, system och komponenter mot händelser utanför design.

Nya material för kärnbränsle utvecklas för att vara tåligare i haverisituationer, så kallade ATF (Accident Tolerant Fuel). Flera institutioner runt om i världen arbetar med olika varianter med det gemensamma att man söker bestrålningståliga material med bättre termiska egenskaper, som högre smältpunkt eller bättre värmeledning.

## Moderniseringar och effekthöjningar

Arbetet med säkerhetsmoderniseringar, drift- och underhållsoptimeringar samt höjd termisk effekt vid kärnkraftsanläggningarna har pågått under några år och kommer att långsamt trappa av. Som en följd av detta arbete kan utveckling och förbättring komma att behövas gällande metoder för säkerhetsbedömningar av strukturer, system och komponenter.

Nya krav kopplat till stresstester och nya föreskrifter kan kräva utredningar som behöver stöd av forskning. Effekthöjningarna medför en önskan att av ekonomiska skäl öka anrikning och utbränning på kärnbränslet. I och med det uppkommer frågor om vad som händer i materialen i bränslet efter lång användning och bestrålning.

## Långa drifttider

Kärnkraftsföretagen planerar en förlängning av drifttiden för anläggningarna utöver den tid på cirka 40 år som de ursprungligen konstruerades för, i vissa fall upp till 60 år. Åldring av material är centrala frågor som behöver bevakas för att långtidsdrift ska kunna ske på ett säkert sätt. OECD/NEA har i en analys av forskningsbehoven kopplade till långtidsdrift lyft fram 1) mekanismer och hastighet för olika typer av åldringsfenomen, 2) tillvägagångssätt för att förhindra och upptäcka åldring, samt 3) metoder för att undvika effekter av åldring [4]. I SSM:s utredningar [5] inom ramen för regeringsuppdraget om den långsiktiga säkerhetsutvecklingen pekade myndigheten också på forskningsbehov. Detta gäller bland annat frågor om interkristallin spänningskorrosion i de s.k. Nuclear Grade material som har använts för att ersätta skadade komponenter och i olika slag av nickelbaslegeringar samt bestrålningsinducerad spänningskorrosion reaktortryckkärls interna delar. Andra viktiga forskningsområden gäller åldring av betongstrukturer i t.ex. reaktorinneslutningar där kunskapsläget är begränsat i flera olika avseenden. Dessa strukturer är dessutom mycket svårprovade vilket gör det svårt i dagsläget att hålla kontroll över deras tillstånd.

Det kan också bli aktuellt för myndigheten att sätta slutdatum för drift av de äldre reaktorerna, vilket kan kräva specifika forskningsinsatser för att ytterligare belysa de svagheter som kan komma att utgöra grunden för ett slutdatum. Oavsett detta står Sverige inför en omfattande avveckling av kärnkraft, vilket behandlas i avsnittet ”Strålsäker hantering av radioaktivt avfall”.



Det finns ett behov av att öka kunskapen om kontrollmetoders effektivitet och begränsningar för olika material och defekter. Detta är viktigt ur flera aspekter men framför allt när anläggningarna blir äldre.

### **Modernisering av reaktorer och nya stärkta krav**

Nya reaktorer byggs eller är på planeringsstadiet i flera länder framför allt i Asien men även i t.ex. Finland. I Sverige är nybyggnation i dagsläget inte aktuellt, trots att Vattenfall lämnade in en ansökan om detta 2012. Det sker dock en internationell och nationell utveckling vad gäller krav på existerande såväl som nya reaktorer, bl. a. som en följd av den förnyade säkerhetsprövningen. Även här behövs stöd av forskning inom ett brett spektrum av områden för att följa, ta del av, utveckla och påverka kravställningen i samband med moderniseringar av befintliga reaktorer. Detta gäller såväl generella krav som inom specifika områden som I&C, kraftförsörjning, kylning av bränsle i reaktortank och i bassäng för använt bränsle, krav på gamla reaktorer jämfört med nyare, åldringsproblematik mm.

Vid nybyggnation och moderniseringar av reaktorer (och andra kärntekniska anläggningar) införs digital teknik i reaktorernas säkerhetssystem inklusive IT-baserad utrustning i styr- och reglersystem. Det har visat sig att införande av helt nya plattformar i existerande reaktorer innebär för höga kostnader, och trenden idag är istället att enskilda analoga komponenter byts ut till digitala. Sådana komponenter ger bättre informationsunderlag och kontrollmöjlighet, men är också mer komplexa och svåröverskådliga jämfört med tidigare system. Det innebär att

- Svåröverskådligheten i sig kan påverka driftsäkerheten i anläggningen
- Uppförandet hos komponenter och system är svårare att modellera i samband med riskanalys.
- IT-säkerheten och risken för dataintrång måste tas i beaktande.

Nya regelverk och acceptanskriterier är under framtagande inom områdena fysiskt skydd och IT-säkerhet. I samband med detta uppstår ett behov av förbättrade analysmodeller som först måste utvärderas och kvalitetssäkras. Dessa frågor berör alla kärntekniska anläggningar.

Det finns ett behov av att öka kunskapen om kontrollmetoders effektivitet och begränsningar för olika material och defekter. Detta motiveras inte minst av de åldringsfrågor som är aktuella i svenska kärnkraftsanläggningar.

För att kunna bedöma huruvida tillståndshavarna lever upp till nuvarande och planerade föreskrifter behöver SSM öka sin kunskap samt följa med i utveckling inom vetenskap och teknik rörande verktyg, analys och modellering inom underhållsområdet.

### **Avancerade reaktorer**

Avancerade reaktorer, s.k. Generation IV reaktorer och reaktorer för transmutation, är föremål för internationell utveckling och forskning sedan många år. I Ryssland är en natriumkyld reaktor av Gen IV-typ på väg att tas i drift, och Frankrike avser att tillsammans med övriga länder inom EU bygga en demonstrationsreaktor till år 2020. Även Sverige har forskning inom området. Användning av denna typ av teknik på industriell skala skulle kräva uppbyggnad av en omfattande infrastruktur, innefattande hela bränslecykeln inklusive upparbetning, och kan för Sveriges del bara ses som ett realistiskt alternativ på lång sikt.



## Strålskydd

Arbetet med säkerhetsmoderniseringar, drift- och underhållsoptimeringar samt höjd termisk effekt, en förlängning av drifttiden för samt kommande avvecklingar av befintliga anläggningar kommer att generera frågor med avseende på strålskydd, t.ex. gällande optimering av personstrålskydd och miljöskydd. Det finns öppna forskningsfrågor som berör personstrålskydd vid de kärntekniska anläggningarna. Det handlar dels om frågor av teknisk karaktär, exempelvis aktivering av korrosionsprodukter, och dels om organisatoriska frågor kring ansvaret för strålskyddet i organisationen

De svenska kärntekniska anläggningarna samarbetar för att ta fram nya beräkningsmodeller för dos till representativ person, koncentrationer i miljön och effekter på biota annan än människan, vilka regelbundet ska uppdateras och utvecklas baserat på ny tillkommen kunskap och metodik. Detta innebär att SSM behöver ligga steget före vad gäller förväntningar och krav på beräkningsmodeller, baserat på pågående utveckling inom området.

Bedömning av risker och effekterna av radionuklider i miljön på biota är ett område under stark utveckling där det inte heller än finns några internationella riktlinjer. För att säkerställa att även miljön är skyddad behöver SSM utveckla kunskap om skyddsvärda biota i omgivningarna omkring kärnkraftverken. Denna kunskap kommer att användas dels för att säkerställa att omgivningskontrollprogrammet är tillräckligt omfattande och effektiva med avseende på skydd av miljön men även användas inför SSM:s granskning av industrins beräkningsmodeller.

Det behövs också utökad kunskap om mätmetodik och spridning av specifika radionuklider i omgivningen runt de kärntekniska anläggningarna, exempelvis ställer EU:s strålskyddsdirektiv (2013/59/EURATOM) krav på en mer realistisk miljöövervakning. Vissa radionuklider av stor betydelse ur strålskyddssynpunkt mäts inte i alla utsläppsvägar. Det finns också stora osäkerheter i de mätningarna som görs av vissa radionuklider, och utveckling med avseende på mättekniker bör lyftas fram. Vidare finns radionuklider som är svåra att filtrera i utsläppen (H-3) där utveckling av filtertekniker skulle bidra till utsläppsminskningar.

## Nukleär icke-spridning

Sverige har en skyldighet, genom Non-Proliferation Treaty (NPT), att verka för att kärnämne, kärnteknisk utrustning samt tekniker och kunskap för att framställa sådant inte kommer i orätta händer. Aktuella frågeställningar inom området gäller nya tekniker för att verifiera kärnämne, metoder för att övervaka hanteringen samt andra tekniska och organisatoriska aspekter. Kunskapsuppbyggnad behövs även för att värdera avancerade reaktorer när det gäller icke-spridning.

IAEA ser nu över möjligheten att ta fram databaser över hantering av kärnämnen och radioaktiva ämnen (Nuclear Forensics Library). Om det beslutas att Sverige ska upprätta ett sådant bibliotek kommer SSM bli den naturligt sammanhållande myndigheten. Inom illicit trafficking och inför en eventuell databas över radioaktiva ämnen finns behov att utveckla metoder för att mäta och karakterisera kärnämne och andra radioaktiva ämnen. Detta gäller även för tillsynen av mindre anläggningar.

Inom exportkontrollen behöver SSM tillgång till extern kompetens för att bedöma kärntekniska produkter utifrån kontrollistor och produkternas möjliga användningsområden. Kärnkraftsindustrin i världen växer och tekniken utvecklas. Även om det inte byggs nya kärnkraftverk inom landet bidrar den svenska industrin till både utveckling och produktion inom området. Nya typer av reaktorer och processer utvecklas inom



kärnbränslecykeln, vilket innebär att nya typer av kärnteknisk utrustning behöver exportregleras. Kontroll av immateriella överföringar är ett område inom exportkontrollen som behöver undersökas.

## Strålsäker hälso- och sjukvård

Verksamhetsområdet omfattar myndighetens verksamhet avseende användningen av alla typer av strålning i diagnostiskt eller behandlande syfte inom sjukvården och tandvården i Sverige.

Inom hälso- och sjukvården går den tekniska och medicinska utvecklingen mycket fort. Detta har medfört en kraftig ökning av användningen av strålning inom såväl diagnostik som terapi. Även ekonomiska, sociala och politiska faktorer påverkar omfattningen av användandet av strålning inom vården. Utgångspunkten för en strålsäker hälso- och sjukvård är att alla medicinska bestrålningar är berättigade och optimerade. Detta betyder att bestrålningar ska ge mer nytta än skada samt att stråldosen ska vara så låg som rimligen möjlig vid diagnostisk och att målvolymen får tillräcklig hög dos medan dosen till kritiska organ och normalvävnad hålls så låg som möjligt vid strålbehandling. Vidare ska dosgränser för personal och allmänhet inte överskridas.

Sjukvården står för en stor och ökande del av den stråldos som befolkningen utsätts för. Detta behöver inte utgöra ett problem om de undersökningar och behandlingar som utförs är berättigade och optimerade. Dock finns risken att nya tekniker och metoder införs utan att riskanalyser och kliniska studier utförts i tillräcklig omfattning för att kunna säkerställa att de är berättigade och optimerade. Risken för akuta strålskador ökar även inom diagnostiken och vissa personalgrupper har drabbats av katarakt [6].

Vid SSM:s inspektioner har konstaterats att sjukvården inte lever upp till de strålsäkerhetskrav som ställs på dem. Det har även identifierats stora brister i säkerhetskulturen. Brister i hur sjukvården är organiserad, styrs, följs upp och utvecklar verksamheten med strålning bedöms vara orsaken till att andra krav inte heller följs och att enskilda undersökningar inte är berättigade och optimerade. Vid tillsyn har SSM identifierat att sjukvården saknar metoder och verktyg för att följa upp och utvärdera kliniska resultat med avseende på strålsäkerhet. Det innebär att det inom sjukvården finns brister som kan leda till allvarliga konsekvenser för patienter och personal.

Under 2015 kommer Skandionkliniken i Uppsala att börja strålbehandla cancerpatienter med protoner. Kliniken ska drivas av Sveriges landsting med universitetssjukhus och etablerar i och med detta ett helt nytt sätt att arbeta eftersom det är första gången som sju landsting gör en gemensam investering i ett nationellt centrum för behandling av cancer.

Med hänsyn tagen till de brister enligt ovan som finns inom sjukvården, samt den utveckling som sker där nya tekniker och metoder tas i bruk, kan forskningsbehov identifieras framför allt inom följande tre områden:

- Systematisk utvärdering av kliniska metoder (diagnostik och terapi)
- Riskhantering och kvalitetssäkring
- Styrning, ledning och säkerhetskultur inom sjukvården (MTO)

## Strålsäkra produkter och tjänster

Verksamhetsområdet omfattar SSM:s verksamhet avseende produkter och tjänster som är tillgängliga för allmänheten eller för yrkesverksamma inom olika tillämpningsområden. Det rör sig om produkter och tjänster som antingen själva avger strålning eller som använder sig av strålkällor då produkten framställs eller tjänsten levereras.

Verksamhetsområdet omfattar även illegal handel, transporter och fysiskt skydd av radioaktiva ämnen, kärnämneskontroll av anläggningar med ett relativt litet innehav av kärnämne samt exportkontroll av kärnämne, utrustning och anläggningar.

Laser och annan optisk strålning används i snabbt ökande grad inom konsumentprodukter, tjänster och i arbetslivet. Som exempel kan nämnas kosmetiska behandlingar med laser och intensivt pulserat ljus (IPL), laserpekare och avståndsmätare. Det finns idag allvarliga kunskapsluckor kring vilken laserexponering som ger bestående skador på t.ex. synen (dos-respons). Detta har en direkt betydelse för SSM:s möjligheter att utöva tillsyn samt att utveckla föreskrifter.

Dessutom utförs kosmetiska behandlingar med andra former av strålning, t.ex. ultraljud och radiofrekventa vågor. När det gäller ultraljud finns kunskap om hur strålningen akut påverkar kroppens vävnader medan långsiktiga effekter behöver kartläggas ytterligare för att kunna berättigandepröva användningen.

Inom området elektromagnetiska fält (EMF) sker nu en snabb teknisk utveckling och en mängd nya tillämpningar är under införande i samhället. Det finns en oro i samhället för EMF och dessutom finns beskrivningar av riskerna med EMF som inte är vetenskapligt underbyggda. För att kunna lämna saklig och vetenskapligt underbyggd information behöver SSM bevaka forskningen inom EMF-området.

Hittills har forskningen huvudsakligen handlat om möjliga hälsorisker kopplade till exponering för extremt lågfrekventa fält (ELF) från kraftledningar, elsystem samt hemelektronik och radiofrekventa fält (RF) från olika typer av produkter för trådlös informationsöverföring. Inom dessa områden finns relativt mycket genomförd forskning. Dock är det viktigt att även fortsättningsvis följa olika sjukdomstrender i samhället för att hålla uppsikt på eventuella trendbrott som skulle kunna kopplas till den alltmer utbredda användningen av RF-baserad trådlös informationsöverföring. Det är eftersträvänsvärt från SSM:s perspektiv att studier har så relevant studiedesign att det med tillförlitlighet går att avgöra sannolikheten för om identifierade hälsorisker kan vara strålningsrelaterade, dvs kan bero på RF-exponering.

Ett EMF-område där det kan förväntas en extra kraftig teknikutveckling de närmaste åren är trådlös energiöverföring. Eftersom det handlar om direkt överföring av energi och inte överföring av information med hjälp av energi kommer sannolikt de fältstyrkor som i detta fall kan bli aktuella att vida överstiga de fältstyrkor som tidigare varit aktuella, dessutom inom andra frekvensband. Hittills finns endast ett fåtal publicerade experimentella studier som berör hälsoaspekter med mellanfrekventa EMF.

## Strålsäkert förhållningssätt till naturlig strålning

Verksamhetsområdet omfattar SSM:s verksamhet i syfte att öka kunskaperna om och att påverka befolkningens exponering för naturligt förekommande strålning. Sådan strålning omfattar bl.a. UV-strålning från solen, kosmisk strålning samt strålning från berggrunden t.ex. radon. Verksamhetsområdet omfattar två delområden: naturlig UV-strålning och naturligt förekommande joniserande strålning. Därutöver redovisas myndighetens arbete med att kartlägga strålmiljön (joniserande strålning) inom ramen för detta verksamhetsområde.

Till området naturlig UV-strålning räknas strålning från solen. SSM:s vetenskapliga råd för UV-frågor följer den vetenskapliga utvecklingen inom UV-området och sammanställer kunskapsläget i en årlig rapport till SSM där man ger råd inom områden som rör sambandet mellan UV-strålning och biologiska effekter, vilket exempelvis har betydelse för förebyggande av hudcancer. Man kan konstatera att antalet hudcancerfall i Sverige har



ökat dramatiskt under de senaste decennierna som en trolig följd av ändrade solvanor [7]. Förekomsten av malignt melanom har ökat tre till fyra gånger under de senaste 30 åren och man räknar med att närmare 3000 nya fall av malignt melanom uppkommer årligen, av vilka majoriteten orsakas av UV-strålning från solen.

SSM är ansvarig myndighet för miljö kvalitetsmålet Säker strålmiljö och redovisar regelbundet uppföljning av målet till Naturvårdsverket. Det finns ett stort behov av att kunna följa årliga förändringar av exponering för UV-strålning när det gäller uppföljningen av målet. Utveckling av en ny indikator för Säker strålmiljö skulle kunna ge en snabbare återkoppling gällande uppföljningen samt åskådliggöra trender för solexponering, vilket är viktigt inte minst när det gäller barn och deras solvanor.

Radon i bostäder beräknas orsaka ca 500 lungcancerfall per år i Sverige [8]. Det är främst rökare som drabbas visar de stora epidemiologiska studierna men risken är inte försumbar för icke-rökare. Trots att problematiken med radon aktualiserats för flera decennier sedan är det fortfarande oklart vad den biologiska orsaken till samvariansen mellan rökning och radon är. Även de synergieffekter som uppkommer där man exponeras för både radon och andra luftföroreningar, något som uppstår bland annat i vissa arbetsmiljöer, är oklara. ICRP har i sin senaste publikation om radon (ICRP publikation 126, 2014) uttryckt sin avsikt att beräkna doser för radon med hjälp av en 'biokinetisk modell' som används för alla andra radionuklider. Detta kan få konsekvenser på bedömningen av antal lungcancerfall. Strålskyddsdirektivet (BSS) kräver att radonhalter på arbetsplatser ska övervakas och att arbetstagare skyddas där radonhalter är fortsatt höga trots vidtagna åtgärder. Det är främst underjordsarbetsplatser som berörs och omfattningen av eventuella problem behöver kartläggas. Mätning i dessa särskilda miljöer ställer särskilda krav på mätmetodik och mätteknik. Det finns även behov av att göra riskbedömningar för särskilda arbetstagare som utsätts regelbundet för höga radonhalter.

I Sverige står grundvatten för en stor del av dricksvattenförsörjningen. Höga halter av radon och andra naturligt förekommande radioaktiva ämnen såsom uran, radium och långlivade radondöttrar kan påträffas i dricksvatten från i huvudsak bergbore brunnar. Det finns numera ett särskilt dricksvattendirektiv från EU-kommissionen som fokuserar på radionuklider i det kommunala dricksvattnet. Vattenverk som använder grundvatten som källa till dricksvatten behöver kartläggas med avseende på de parametervärden som nämns i vattendirektivet. Med anledning av direktivet kommer det också att behövas mätteknikutveckling samt forskning kring åtgärdsteknik för särskilda radionuklider såsom de långlivade radondöttrarna. Epidemiologiska studier om dricksvattenproblematiken bör bedrivas i internationellt samarbete.

## Strålsäker hantering av radioaktivt avfall

Verksamhetsområdet omfattar SSM:s verksamhet avseende hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall samt radioaktivt avfall från icke kärnteknisk verksamhet. I verksamhetsområdet ingår avfallshanteringen vid kärnkraftverken samt drift och kärnämneskontroll av de kärntekniska verksamheterna i Studsvik, Ranstad, Clab i Oskarshamn och SFR i Forsmark. Vidare ingår de fem reaktorer som är under avveckling vid Barsebäck, Studsvik och Ågesta, avvecklingsplaneringen vid kärntekniska anläggningar i drift samt planerad inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle. I verksamhetsområdet ingår också det finansiella system för avveckling och slutförvar av kärntekniska anläggningar och avfall som regleras av finansieringslagen respektive Studsvikslagen. Även transporter av avfall faller under detta verksamhetsområde.





Svensk kärnbränslehantering lämnade i mars 2011 in en ansökan om tillstånd för att få bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Östhammars kommun. SKB har genomfört ett omfattande forskningsprogram i anslutning till denna ansökan, och SSM har å sin sida genomfört en mängd forskningsprojekt för att ge underlag till oberoende bedömningar. I ett internationellt perspektiv ligger Sverige tillsammans med Finland och Frankrike i frontlinjen när det gäller utveckling av ett slutförvarssystem. Inte minst har KBS-3, som är det av industrin föreslagna slutförvarssystemet i Sverige och Finland, dragit till sig stort internationellt intresse. Exempel på aktuella frågor är hantering av skadat bränsle i samband med slutförvar samt degradering av materialen i slutförvarskapslarna under lång tid.

I december 2014 lämnade SKB in en ansökan om utbyggnad och fortsatt drift av SFR (slutförvar för låg- och medelaktivt avfall) i Östhammars kommun. Utbyggnaden har inte föranlett en lika stor satsning på forskning från myndighetens sida som slutförvaret för använt kärnbränsle. Men 2014 inleddes en större utlysningssatsning på forskningsprojekt med fokus på hantering, mellanlagring och slutförvaring av låg- och medelaktivt radioaktivt avfall.

Då storskaliga avvecklingsåtgärder pågår eller kommer att påbörjas vid flera svenska anläggningar finns forskningsbehov knutna till avveckling såsom nya mätmetoder för radiologisk kartläggning i samband med avveckling och mer specifikt forskning kring metoder för aktivitetsbetsämning av tritium för friklassning av material, lokaler, byggnader och mark. Andra möjliga forskningsinriktningar är studier kring utmaningar vid övergången mellan drifts- och avvecklingsorganisation. Detta kan ske exempelvis genom internationella jämförelser av liknande organisationstransformationer inom kärnkraftsindustrin och andra branscher.

Det finns brister i kunskaperna om karaktär och innehåll i såväl driftavfall som det blivande rivningsavfallet, inte minst som en följd av effekthöjningarna vid de svenska kärnkraftverken.

Ansökan om inkapslings- och slutförvarsanläggningar ska behandlas även utifrån krav inom icke-spridning. Internationella regler eller rekommendationer från IAEA, EU-kommissionen eller nationella myndigheter (SSM m.fl.) som rör kärnämneskontroll för inkapslingsanläggning eller slutförvar för använt kärnbränsle är inte färdiga. Forskningsbehov finns för att ta fram metoder för verifiering av bränslet innan inkapslingen, hur designen på anläggningarna ska kunna verifieras, speciellt slutförvaret och hur ett system för tillsynen kan byggas upp som täcker hela hanteringskedjan.

Under den pågående granskningen av slutförvaringen av det använda kärnbränslet ökar fokus på konsekvenser av och eventuella risker med de många transporter som kommer att ske från inkapslingsanläggning till slutförvaret. Det sker också en utveckling av transportbehållare för andra typer av transporter. SSM behöver därför bevaka forskning inom området som även berör fysiskt skydd och kriticitet.

## Nationell strålskyddsberedskap

Verksamhetsområdet omfattar myndighetens samordnande funktion inom den nationella strålskyddsberedskapen. Denna verksamhet syftar till att förebygga, identifiera och detektera nukleära eller radiologiska händelser som kan skada miljön och människors hälsa. Myndighetens uppgifter omfattar bland annat allmän rådgivning vid nukleära eller radiologiska nödsituationer, teknisk rådgivning till berörda operativa myndigheter vid en kärnteknisk olycka samt upprätthållandet av en nationell organisation för expertstöd vid



nukleära och radiologiska nödsituationer. Tillsyn av de olika aktörernas beredskap behandlas under respektive verksamhetsområde.

Forskning inom området strålskyddsberedskap är ett viktigt sätt att utveckla och upprätthålla kunskap och kompetens som behövs i händelse av radiologiska eller nukleära olyckor. Denna typ av händelser inträffar sällan och kompetens försvinner om inte någon verksamhet bedrivs. Viktiga förmågor är

- utvecklad mät- och analysteknik för alla typer av joniserande strålning och radioaktiva ämnen
- förmåga att samverka och kommunicera samt förmåga att informera om strålningens verkan.
- Förmåga att bedöma behovet av skyddsåtgärder.

Analys av inträffade nukleära eller radiologiska händelser har visat på ett antal områden där forskning och utveckling behövs. Exempel på viktiga forsknings- och utvecklingsområden som bidrar till att utveckla den nationella strålskyddsberedskapen är gammaspektrometri, anomalidetektion, radiokemi, radioekologi, spridningsprognostik, källtermsprognoser, interndosimetri samt forskning kring nya detektormaterial. Dessutom behöver metoder och förmågan att snabbt göra en tillförlitlig bedömning av ett kärnkraftverks anläggningsstatus vid driftstörningar förbättras. Anläggningens status ligger till grund för bedömning av den s.k. källtermen (tidpunkt och omfattning av ett eventuellt utsläpp). Detta ger i sin tur underlag för beräkning av de radioaktiva ämnenas spridning i atmosfären och den möjliga stråldosen till människor i omgivningen. Under de senaste åren har det också skett en utveckling av mätinstrument, datorer, positioneringsutrustning och telekommunikationer som ger nya möjligheter att sätta samman mätsystem, överföra mätdata och konstruera analysmetoder. Forskning inom detta område, som kan sammanfattas med begreppet mobila strålningsmätningar, är av stor betydelse för beredskapen eftersom sådana mätningar ger en snabb bild av utsläppet efter en kärnteknisk olycka.

Behovet av forskning inom sanering är litet. Däremot är behovet stort av att det finns ett antal experter inom området i Sverige. Detta har även påtalats av den nationella expertgruppen för sanering, NESAs. Framförallt är det angeläget att svenska forskare och experter tar del av erfarenheterna från de omfattande saneringsåtgärder som har skett och sker i Japan efter Fukushima-olyckan.

Med anledning av vad som har sagts ovan kan forskning behövas för att bidra till att:

- Utveckla mätförmågor och mätmetoder inom kärnenergiberedskapen. Behovet av mätningar för kartering av nedfall, personavsökning, livsmedelskontroll, exportkontroll, sanering, etc. kan bli mycket stort efter en kärnkraftsolycka med utsläpp av radioaktiva ämnen. Sker det ett större utsläpp från ett svenskt kärnkraftverk räcker inte den befintliga mätförmågan till. Mätförmågan inom kärnenergiberedskapen i Sverige behöver därför utvecklas med bättre förståelse för problemställningen, mätmetoder och instrument.
- Upptäcka, identifiera och omhänderta herrelösa strålkällor. Vid sidan av kärnkraftscenariot finns alltid en risk att radioaktiva strålkällor tappas bort, stjäls eller av annan anledning hamnar utanför kontroll. Det har även förekommit import av kontaminerat gods avsett för förädling eller försäljning på den öppna marknaden. Forskning kring utrustning och metoder för upptäckt av herrelösa strålkällor är därför ett aktuellt forskningsämne som behöver utvecklas.
- Utveckla förmågan att ta fram källtermer samt ta fram och publicera spridningsprognoser. Trycket på ansvariga myndigheter att löpande publicera spridningsprognoser vid en olycka i ett svenskt kärnkraftverk kommer att bli mycket stort. Förmågan att snabbt och förståeligt publicera spridningsprognoser



behöver därför utvecklas. Dessutom behöver förmågan att ta fram och publicera spridningsberäkningar för utsläpp till Östersjön och Nordsjön utvecklas.

- Kommunikation om risker med strålning har nästan undantagsvis gått dåligt i samband med olyckor. Att utveckla riskvärdering och riskkommunikation kring strålning är därför en viktig del inom krishantering.
- Utveckla förmågan att fatta beslut om skyddsåtgärder vid radiologiska och nukleära nödsituationer. Alla beslut om strålskyddsåtgärder ska vara berättigade, dvs. göra mer nytta än skada. En rad faktorer påverkar beslut om strålskyddsåtgärder vid radiologiska eller nukleära nödsituationer. Förbättrad kunskap om hur psykologiska faktorer påverkar dessa beslut kan leda till att beslutsprocessen i krissituationer utvecklas.

Ett annat viktigt forskningsområde är lågdosforskning då denna är central för både strålskyddsberedskap och annan strålskyddsverksamhet på SSM. Myndighetens regelverk och rekommendationer bygger på hypotetiska risker vid exponering för låga stråldoser (under 100 mSv), och osäkerheten i riskuppskattning vid låga stråldoser är stor. Inom detta område finns det därför både behov av mer kunskap och upprätthållande av god kompetens inom landet.

## Nationell strålsäkerhetskompetens

Verksamhetsområdet omfattar myndighetens forskningsstödjande och kompetensuppbyggande verksamhet som syftar till att bygga upp eller vidmakthålla nationell kompetens.

I många forskningsprojekt har man dubbla målsättningar, dvs. både att få fram konkreta resultat och att utveckla nationell kompetens. I det nedanstående diskuteras kompetensfrågan separat, dvs. hur ser kompetensläget ut i Sverige idag och hur ser framtidsutsikterna ut inom respektive område.

SSM genomförde 2012 en omvärldsanalys [9] som till del belyser dessa frågor. En kompetensutredning [10] genomfördes under 2010/2011 som belyste kompetensläget ur ett samhällsperspektiv samt ur ett SSM-perspektiv. En slutsats i den analysen var att kompetensläget nationellt inom kärnsäkerhetsområdet är tillfredsställande, men att kompetensbrist kan uppkomma på vissa områden på sikt. Kompetensen inom SSM betecknades som underkritisk inom områdena systemteknik, drift av tryckvattenreaktorer, elsystemens konstruktion i en kärnreaktor, instrumentering och kontroll, kontroll och provning samt underhållsprinciper och underhållsprogram. Nyanställningar har inneburit att lägen vad gäller systemteknik och underhåll har förbättrats väsentligt. Inom strålskyddsområdet visade analysen på vissa brister i kompetensläget, framför allt på områden utanför kärnkraftsbranschen samt inom beredskap.

Regeringen uppdrog i regleringsbrevet för 2014 till SSM att granska kompetensläget inom strålskyddsområdet utifrån de brister som identifierats i kompetenslägesutredningen [10]. Utredningen [11] bekräftar i huvudsak de tidigare identifierade bristerna och presenterar ett antal åtgärder för att förbättra situationen. Förslagen innebär bland annat att SSM:s budget för strålskyddsforskning ökas.

Den nationella kompetensen inom vissa områden bygger nästan uteslutande på stöd från SSM. För att Sverige ska kunna fortsätta spela en roll i det internationella arbetet inom sådana områden behöver kompetensen inom landet stödjas.

EU:s stora satsning på forskning under nästa ramprogram, Horizon 2020, innebär nya utmaningar även för SSM. Inom ramen för Euratom Work Programme spelar SSM en aktiv roll för att kunna påverka svenska forskares möjligheter att erhålla finansiering och

därmed också stödja den nationella kompetensen. Historiskt har Sverige varit framgångsrika inom Euratom och inom FP7 så gick 5,1% av beviljade forskningsmedel till Sverige. Det är framför allt Kungliga tekniska högskolan, Chalmers tekniska högskola, Stockholms universitet samt Svensk kärnbränslehantering AB som har varit framgångsrika.

### **Strålskydd**

SSM har finansierat flertalet forskartjänster inom strålskyddsområdet som en direkt åtgärd av en tidigare översyn av kompetensläget [12]. Därutöver har SSM årligen lyst ut forskningsbidrag inom området strålskydd. Trots dessa insatser är strålsäkerhetsmyndighetens bedömning att forskning och undervisning inom radioekologi och strålningsbiologi är underkritiska. Utbildning av radioekologer och strålningsbiologer är ovanligt och med de pågående pensionsavgångarna, där återbesättandet av positioner även uteblir, ser framtiden kritisk ut för dessa områden. Satsningen inom katastrofstrålskydd har dock resulterat i en masterutbildning inom medicinsk strålningsvetenskap med inriktning mot strålskydd, vilken sedan 2011 är ett officiellt huvudområde för medicine masterexamen vid Göteborgs universitet.

### **Kärnkraftsäkerhet**

Finansieringssituationen för forskning inom kärnteknik och intresset från studenter att utbilda sig inom området har delvis försämrats under de senaste 2-3 åren. På KTH ser man ett fortsatt intresse från studenterna, med ett årligt intag på drygt 15 studenter på masterutbildningen, medan Chalmers har ett så lågt söktryck att utbildningen kan komma att läggas ner på sikt. När det gäller forskning så har man under senare år fått svårare att få industrifinansiering, och generellt har det blivit svårare att få långsiktig finansiering vilket gör det svårt att bedriva verksamhet och t. ex. anställa doktorander. Sett i ett längre perspektiv kan man ändå konstatera att det skett en förnyring inom högskolorna samt att ”ingående högskoleinstitutioner nu bidrar på ett avgörande sätt till den nationella kompetensförsörjningen inom kärnteknik på alla nivåer” [13], något som nu delvis riskerar att gå förlorat.

### **Avveckling och avfall**

Under lång tid framöver kommer SSM att ha tillsynsansvar för SKB:s anläggningar i drift (SFR för låg- och medelaktivt avfall och Clab som mellanlager för använt kärnbränsle). SSM kommer också under flera år att ha ett ansvar att granska SKB:s ansökningar om nya anläggningar för att slutförvara radioaktivt avfall, nämligen de pågående granskningarna av ett slutförvar för använt kärnbränsle och av en utbyggnad av SFR, samt den kommande granskningen av SFL. I samband med detta finns ett behov av att kompetens utvecklas och upprätthålls både på SSM och i vår omvärld inom ett brett spektrum av ämnesområden som berör avveckling, hantering, mellanlagring och slutförvar. SSM har för en del av de forskningsmedel som används inom detta område infört en öppen utlysning som ett sätt att bidra till en aktiv och öppen forskningsmiljö inom området med fokus på hantering, mellanlagring och slutförvaring av låg- och medelaktivt radioaktivt avfall .

### **Riksmätplats och mätning**

Verksamhetsområdet omfattar SSM:s verksamhet som riksmätplats för joniserande strålning, radonlaboratoriet och radioanalyslaboratoriet. I verksamheten ingår kalibrering av instrument och utveckling av mätmetoder för dosstorheter och radonaktivitet i luft, metrologiforskning, utveckling av radioanalytiska mätmetoder, normaliehallning, samt



mätuppdrag med avseende på alfa-, beta- och gammaspektrometri inklusive helkroppsmätningar.

Inom strålbehandling är trenden att strålfältens area minskar och dess gradienter ökar vilket ställer nya och högre krav på dosimetrimetoder och mätinstrument. En anläggning för protonterapi med mycket avancerad teknik öppnas i Sverige 2015 vilket leder till behov av nya mätmetoder för att verifiera den givna behandlingen. Det finns även behov av att utveckla och analysera system för tidsupplöst dosimetri som kan användas för att verifiera behandlingen i realtid.

Inom strålskyddsområdet finns det behov av nya förbättrade dosimetriska metoder för mätning i strålfält bestående av en blandning av flera strålkvaliteter. Exempel på detta är ESS (European Spallation Source) och eventuella nya designer av kärnkraftsreaktorer. Ett annat område av intresse är pulssade strålfält som t ex vid röntgendiagnostik och kring accelerators, där mätosäkerheterna kan vara stora då många instrument inte fungerar bra. Ett tredje område av strålskyddsintresse är det sekundärstrålfält inklusive neutroner som genereras kring högenergetiska terapistrålfält. Även sänkta dosgränser och ändrade riskuppskattningar som t ex nyligen rörande ögats lins kan resultera i behov av ny kunskap om dosimetriska metoder.

Internationellt pågår forskning om strålkvalitet och förståelse av de initiala händelser som genererar cancer genom simulering av spårstrukturer och växelverkan på nanometernivå. Ett fundament i vetenskaplig metodik för simuleringar är jämförelser med experiment, vilket för nanometerområdet är svårt. Det finns därför ett behov av att utveckla experimentell nanodosimetri för "bench-marking" av beräkningar och modeller.

## Temaområden

Den forskning som Strålsäkerhetsmyndigheten bedriver kommer att delas in i ett antal temaområden. En beredningsgrupp ansvarar för att bevaka och bereda material inom respektive temaområde. Inför kommande verksamhetsplanering föreslås följande indelning (oförändrad från föregående år):

- **Människa, teknik och organisation (MTO)** Omfattar frågor om utformning av människa-maskin-interface, riskhantering och kvalitetssäkring och styrning ledning och säkerhetskultur, både inom kärnkraftsområdet och inom sjukvården. Även riskvärdering och riskkommunikation inom beredskap tas upp inom detta temaområde.
- **Reaktorsäkerhet** Omfattar bränsle, härd, svåra haverier samt termohydraulik
- **Strukturell integritet** Omfattar material- och hållfasthetsfrågor samt kontroll och provning inom kärnkraftsområdet och slutförvarsområdet.
- **Säkerhetsanalys** Omfattar analys av transienter och olyckor, samt el, instrumentering och kontroll, PSA, fysiskt skydd och övrig säkerhetsanalys.
- **Avveckling och avfall** Omfattar rivning, finansiell kontroll, riskanalys och radioekologi med koppling till avfall/slutförvar. Materialfrågor tillhör området strukturell integritet.
- **Mätteknik** Omfattar mätförmåga och mätmetoder för kärnenergi-beredskap, icke-spridning och spridningsprognoser.
- **Strålskydd** Omfattar medicinska bestrålningar, systematisk utvärdering av kliniska radiologiska metoder, metrologi och dosimetri, lågdosforskning, personalstrålskydd, icke-joniserande strålning, radon, nya strålfält.

En särskild beredningsgrupp ska hantera frågor gällande infrastruktur och tjänster. Mindre projekt som inte passar in i något existerande temaområde bereds i särskild ordning.



## Referenser

- [1]. The official report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. The national Diet of Japan, 2012.
- [2]. Doing Safer Masculinities: Addressing at-Risk Gendered Behaviours on Mine Sites. Laplonge and Albury, M/C Journal, Vol. 16, No. 2 (2013).
- [3]. European stress tests for nuclear power plants - the Swedish national report. SSM2011-12-29.
- [4]. Challenges in long term operation of nuclear power plants, OECD 2012.
- [5]. Drift av kärnkraftreaktorer längre än ursprungligt analyserad eller konstruerad tid med hänsyn till åldringsfrågor. SSM 2010/1557-4.
- [6]. Ciraj-Bjelac et al, Cardiology, 123(3):168-71, 2012).
- [7]. Cancerfondsrapporten 2014, Cancerfonden, ISBN: 978-91-89446-59-5.
- [8]. Miljöhälsorapport 2013, Inst f miljömedicin, Karolinska institutet, ISBN 978-91-637-3031-3.
- [9]. Strålsäkerhetsmyndighetens omvärldsanalys 2012, SSM 2012-09-12.
- [10]. Kompetensläge för ett strålsäkert samhälle, F. Hassel m.fl., SSM 2011-02-01.
- [11] Kompetensbehov inom strålskyddet – kartläggning och förslag till åtgärder, L. Moberg Diarenr SSM2014-1013, dokumentnrSSM2014-1013-2.
- [12]. Det strategiska kompetensbehovet inom strålskyddet i Sverige – översikt och förslag. SSI 2005/3755-002, 2005
- [13]. Utvärdering av verksamheten inom Svenskt Kärntekniskt Centrum (SKC) 2004-2008, Per Brunzell och Lars Högberg.