



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Åsa Ek  
Jonas Borell  
Kerstin Eriksson

Forskning

2017:04

Arbetsförutsättningar och säkerhetsarbete vid  
forskningsanläggningar med strålningsrisker med  
många tillfälliga internationella användare



## SSM perspektiv

### Bakgrund

Två stora forskningsanläggningar, MAX IV och European Spallation Source ERIC (ESS), byggs i Lund. Båda anläggningarnas centrala funktioner bygger på strålning. Särskilda risker finns både i arbetsförutsättningarna och säkerhetsarbete inom anläggningarna och omgivningen.

Anläggningarna kommer ha både fast personal och forskare som kommer för att genomföra experiment. De senare kommer att utgöra en stor grupp tillfälliga användare från olika länder. För att få god säkerhet för anläggningarnas fasta personal och tillfälliga användare behöver de fysiska miljöerna, arbetsförutsättningarna och säkerhetsrutinerna vara adekvat utformade. Experimentstationerna på anläggningarna kommer att frekventeras av de tillfälliga användarna. För att kunna upprätthålla strålsäkerheten är det viktigt med utformningen av såväl den fysiska miljön som användbarhetsaspekterna vid dessa stationer för att skapa goda arbetsförutsättningar.

### Syfte

Syftet för studien var att fokusera på två frågeställningar:

- Vilka särskilda krav ställs på utformandet av ledningssystem för säkerhetsarbete i riskfyllda miljöer där en stor del utgörs av tillfälliga användare från många länder?
- Hur kan/bör man utforma den fysiska miljön och arbetsförutsättningarna i nya högteknologiska miljöer så att anläggningarna blir tillräckligt väl anpassade för både fast personal och tillfälliga användare, och därmed minska riskerna?

### Resultat

Resultaten visar sammanfattningsvis att ledningssystemets utformning utgör en viktig del för att strålsäkerhetsarbetet ska få en central del i organisationerna med tydligt utpekad ansvar och befogenheter. Säkerhetspersonalens kompetens måste också säkerställas. Det pekas även på den praktiska betydelsen av att säkerhetsorganisationen får en tydlig roll och blir synlig i verksamheten samt att all personal involveras i säkerhetskulturarbetet.

Besökande forskargrupper måste ha tillräcklig bemanning vid experimenten för att motverka alltför långa arbetsdagar som kan leda till utmattning vilket utgör en säkerhetsrisk. En komplettering till barriärtänket behövs med ett bredare angreppssätt som även inkluderar andra riskkällor som direkt hanteras av tillfälliga användare. Vidare beskrivs att det, i utbildningar för besökande användare, behöver inkluderas olika typer av riskkällor. Det bör även finnas en ansvarig vid varje strålrör eller experimentstation för att upprätthålla säkerheten vid respektive anläggning.

En fungerande kunskapsöverföring är centralt vid övergången från projekt- till driftorganisation. .

### Behov av ytterligare forskning

Ett förslag till fortsatt forskning har inkommit från LU vilket beskrivs enligt följande:

### Utvecklingsarbete för säkerhetskultur

Resultaten visar att synen på säkerhet i de två organisationerna är i huvudsak ett fysiskt synsätt med ett barriärtänk för säkerhet. Den organisatoriska

och sociotekniska synen på säkerhet (t ex MTO-perspektiv) saknas till stor del. I anläggningarna ses strålsäkerheten som centralt och ges stort utrymme, med det är viktigt att också inkludera ett bredare säkerhetstänk så att andra aspekter på säkerhet (som indirekt kan påverka strålsäkerheten) inte glöms bort. Ofta rör det riskkällor som direkt hanteras av tillfälliga användare såsom kemikaliehantering, gashantering, elsäkerhet och laserhantering i experimentstationerna. I organisationerna ses också tydligt att det är forskningen som är i fokus och att säkerhetsorganisationerna måste visa på sitt existensberättigande. I uppbyggnaden av de nya organisationerna och deras verksamheter behöver man tidigt utveckla en god säkerhetskultur bland ledare och medarbetare. Man behöver utveckla strategier och arbetssätt för hur man systematiskt och kontinuerligt kan arbeta med säkerhetskulturförändringar både gällande den egna personalen och de tillfälliga användarna.

Säkerhet är dynamiskt och speciellt så i komplexa säkerhetskritiska verksamheter. Det kan ske en långsam och naturlig erosion av säkerhetsmedvetandet och en organisations beteenden kan börja driva mot säkerhetsmarginalerna. Säkerhetskulturen ses som en stark motriktad kraft i ett sådant händelseförlopp. Att organisationerna utvecklar en kultur där medarbetare uppmärksammar det oförutsedda och identifierar potentiella säkerhetsproblem är en viktig egenskap. Resiliens i en organisation handlar om att framgångsrikt kunna hantera det oförutsedda. Det som är speciellt med de två forskningsanläggningarna är att en stor mängd av de personer som kommer dit och genomför experiment endast vistas där kortare perioder. En relevant fråga är då hur man kan arbeta med säkerhetskulturförändringar för såväl personal som användare. På vilka sätt kan man aktivt arbeta med säkerhetskulturen i de "två grupperna"? Hur kan utvecklingsarbetet av säkerhetskulturen se ut? Strategier för att påverka tillfälliga internationella användares kunskaper, säkerhetsuppfattningar och beteenden?

#### **Utformning av säkerhetsutbildningar**

En utmaning för forskningsanläggningar med tillfälliga användare från olika länder är att se till att alla som vistas vid och använder anläggningarna har tillräckliga kunskaper och lämpliga attityder för att troliggöra en önskvärd säkerhet. I dagsläget använder dylika anläggningar olika varianter av obligatoriska utbildningar som måste genomgå av varje enskild användare innan denna får access till faciliteterna. Giltigheten är ofta ett år, innan utbildningen måste tas igen. I detta projekt har många informanter, både från forskningsanläggningarnas sida och användarsidan, uttryckt att nuvarande utbildningar har oklar effekt och ibland även låg trovärdighet. Det är angeläget att såväl innehåll i som genomförande av dylika utbildningar och tester utformas med god effektivitet och beaktande av pedagogisk kunskap. En studie på detta område kan inledas med en kartläggning av aktuell praktik, inklusive hur den uppfattas av användare. Den erhållna empirin kan med hjälp av pedagogisk och didaktisk teori användas för att utforma förslag till mer verksamma och resurseffektiva sätt att organisera och genomföra säkerhetsutbildningar och tester. Resultaten från en sådan studie vore intressanta för såväl forskningsanläggningar som övriga kärntekniska tillståndshavare.

#### **Projekt information**

Kontaktperson SSM: Steve Selmer KM  
Referens: SSM 2015-1105



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Åsa Ek, Jonas Borell, Kerstin Eriksson  
Lunds Universitet

# 2017:04

Arbetsförutsättningar och säkerhetsarbete vid  
forskningsanläggningar med strålningsrisker med  
många tillfälliga internationella användare

Datum: Januari 2017

Rapportnummer: 2017:04 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM. De slutsatser och synpunkter som presenteras i rapporten är författarens/författarnas och överensstämmer inte nödvändigtvis med SSM:s.

# Innehåll

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>2</b>
<b>Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Bakgrund och syfte</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Metod</b> .....	<b>6</b>
<b>3. De tre forskningsanläggningarna</b> .....	<b>7</b>
3.1. European Spallation Source ERIC (ESS) .....	7
3.2. MAX IV .....	7
3.3. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) .....	7
3.4. Bemanning .....	8
<b>4. Uppbyggnad av MAX IV</b> .....	<b>9</b>
4.1 Säkerhetsgruppen .....	9
4.2 Beamline Project Office .....	9
<b>5. Vad är säkerhet i denna typ av forskningsanläggning?</b> .....	<b>11</b>
5.1. Säkerhet för maskin och forskningens kontinuitet .....	11
5.2. Strålsäkerhet och andra säkerhets aspekter .....	12
<b>6. De tre säkerhetsorganisationerna</b> .....	<b>13</b>
6.1. ESS säkerhetsorganisation .....	13
6.2. MAX IV:s säkerhetsorganisation .....	13
6.3. ESRFs säkerhetsorganisation .....	13
<b>7. Ansvar för säkerhet</b> .....	<b>15</b>
7.1. ESS .....	15
7.2. MAX IV .....	16
7.3. ESRF .....	16
<b>8. Synlighet och delaktighet i säkerhetsarbetet</b> .....	<b>18</b>
<b>9. Kompetensprofil för chef och medarbetare inom säkerhetsorganisationen</b> .....	<b>19</b>
<b>10. Standardisering, kontroll och tillsyn</b> .....	<b>20</b>
<b>11. Säkerhetsfunktioner vid ett strålrör eller instrument</b> .....	<b>22</b>
<b>12. Design för säkerhet – Fysisk utformning</b> .....	<b>24</b>
12.1. Användning av branschkunskap .....	24
12.2. Fysiska strålskydd – barriärer .....	24
12.3. Ergonomiska aspekter .....	26
12.4. Automation .....	27
<b>13. Omfattande dokumentation ger (o)överskådlighet</b> .....	<b>29</b>
<b>14. Tillfälliga användare – risk eller resurs?</b> .....	<b>30</b>
<b>15. Säkerhetsgranskning av experiment</b> .....	<b>31</b>
<b>16. Arbetsbelastning, stress, risk</b> .....	<b>32</b>
16.1. Fast personal .....	32
16.2. Gästande forskare .....	32
<b>17. Särskilda behov av utbildning och information</b> .....	<b>33</b>
<b>18. Identifierade utmaningar</b> .....	<b>34</b>
<b>19. Framtida forskning</b> .....	<b>36</b>
19.1 Utbildning .....	36
19.2 Säkerhetskultur .....	36
19.3 Ledningssystem för säkerhet .....	36
<b>20. Referenser</b> .....	<b>38</b>

# Sammanfattning

Två stora forskningsanläggningar, MAX IV och European Spallation Source (ESS), där de centrala funktionerna bygger på strålning, etableras i Lund. Anläggningarna skall nyttjas av ett stort antal tillfälliga användare, dvs forskare från hela världen kommer dit för att genomföra experiment. Den miljö som de tillfälliga användarna kommer att möta är anläggningarnas experimentstationer med tillhörande strålrör/instrument.

För att få god säkerhet för anläggningarnas fasta personal och tillfälliga användare behöver de fysiska miljöerna, arbetsförutsättningarna och säkerhetsrutinerna vara adekvat utformade. Detta projekt har syftat till att studera vilka utmaningar som finns gällande fysisk utformning och utformning av säkerhetsorganisationen så att anläggningarna blir väl anpassade och riskerna minskas för både fast personal och tillfälliga användare.

Projektet bestod av besök och explorativa intervjuer vid forskningsanläggningarna ESS, MAX IV (och den idag nedlagda anläggningen MAX-Lab) samt European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) i Grenoble, Frankrike. De studerade anläggningarna var i olika utvecklingsfaser: ESS i uppbyggnadsfas, MAX IV på väg in i driftfas (MAX-Lab i nedläggningsfas) och ESRF etablerad sedan över 20 år och med ett pågående uppgraderingsprojekt.

Projektet utmynnade i ett antal viktiga aspekter relevanta för utformandet av ledningssystem för säkerhetsarbete i denna typ av riskfyllda miljöer: kombinationen nybyggnation och samtidig ordinarie drift är en mycket potent källa till risker; vid uppbyggnad behövs processer för samordning av strålrörens design och en strävan mot standardisering av säkerhetslösningar; en fungerande kunskapsöverföring är centralt vid övergången från projekt- till driftorganisation; en organisatorisk och socioteknisk syn på säkerhet behövs (säkerhet-I/säkerhet-II) som kompletterar ett i huvudsak fysiskt synsätt med barriärtänk för säkerhet; strålsäkerheten är central, men det är också viktigt med ett bredare angreppssätt som även inkluderar andra riskkällor som direkt hanteras av tillfälliga användare; av naturliga skäl är forskningen i fokus men kan leda till att säkerhetsorganisationen tydligt måste visa på sitt existensberättigande; beakta utformningen av säkerhetschefens och säkerhetspersonalens kompetens och möjlighet till handlingsutrymme (beslutsmyndighet); säkerhetsorganisationens synlighet ute i verksamheten och involvering av all personal i säkerhetsarbetet är viktiga för att skapa och upprätthålla en god säkerhetskultur; att ha en ansvarig vid varje strålrör eller experimentstation ses som viktigt för säkerheten vid strålröret; bemanning helg- och nattetid (jour med operatörer) kan vara nödvändigt både ur driftsynpunkt och säkerhetssynpunkt; automation har både för- och nackdelar: det minskar mänsklig intervention och arbetsbelastning, men öppnar upp för automationsironier, gör processer mindre transparenta och försvårar felsökning; besökande forskargrupper får inte ha för få personer med sig då det kan leda till för långa arbetsdagar vid experimentet - utmattning utgör en säkerhetsrisk.



# Summary

Two research facilities, MAX IV and European Spallation Source (ESS), are being established in Lund, Sweden. The facilities functions involve radiation and will be used by a large number of guest users, i.e. researchers from many countries will visit and perform research experiments. The work environment the guest users will meet is mainly the experimental hutches in connection to the beamlines/instruments.

In order to yield high safety for facility personnel and guest users the physical environment, work conditions and safety routines at the facilities and the experimental hutches need to be well designed. The aim of the project was to forward found challenges concerning physical design and the safety management organisation as a way for the facilities to be better suited and minimizing the risks for personnel and guest users.

The project included field visits and exploratory interviews at three research facilities: ESS, MAX IV (including the now closed-down MAX-Lab facility) and the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble, France. The studied facilities were at various development stages: ESS in construction stage, MAX IV approaching to be put into operation (MAX-Lab to be closed-down) and ESRF in operation for 20 years and also running an upgrading project.

Project results highlight a number of aspects relevant for the design of safety management systems in this type of facility: simultaneously having a new facility under construction and an existing facility up and running is a highly potent risk hazard; during construction, processes for coordination of the design of beamlines are needed as well as striving for standardized safety solutions; a well-functioning knowledge transfer is vital during transition from a development organisation to an organisation in operation; an organisational and socio-technical view on safety is vital (safety-I/safety-II) in addition to the prevalent physical safety barrier view on safety; radiation safety is emphasized but a wider approach to safety is needed which include risk hazards that are directly handled by guest users; the research activities are the dominant focus which means the safety organisation and its work need to be justified continuously; attention have to be given to the strategies concerning competence and areas of expertise of the head of safety group and the group members, as well as their room for manoeuvre (decision-making power); the safety groups visibility and involvement of all personnel in the safety work are important in order to develop and maintain a good safety culture; having a beamline manager at every beamline is considered vital for beamline/experimental hutch safety; manning during night time and weekends (operators on standby duty) can be necessary both from an operating and from a safety point of view; automation has the advantage of reducing human intervention and work load but the disadvantage of introducing ironies of automation, making processes less transparent and make error detection more difficult; as research experiments can be time consuming and lead to long working days and fatigue, guest users need to

bring an adequate number of members of their research group to the facility in order to prevent individual fatigue as this can constitute a risk factor.

# 1. Bakgrund och syfte

Två stora forskningsanläggningar, MAX IV och European Spallation Source (ESS), håller idag på att byggas i Lund och beräknas vara i drift 2017 respektive 2020. Båda anläggningarnas centrala funktioner bygger på strålning. I ena fallet accelereras elektroner och i det andra protoner. Forskningsanläggningen European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) i Frankrike är sedan länge en etablerad anläggning. I alla tre anläggningarna föreligger särskilda risker både i arbetsförutsättningarna och säkerhetsarbete inom anläggningarna och för omgivningen.

Något som är speciellt för denna typ av anläggningar är att de inte bara har fast personal utan anläggningarna är uppbyggda för att forskare ska kunna komma dit och genomföra experiment. De forskare som nyttjar ESS, MAX IV och ESRF för experiment kommer att utgöra tillfälliga användare och komma från många länder. De båda nya anläggningarna räknar med ca 1000 användare var per år, och på sikt upp till ca 2500. Detta kan jämföras med att MAX IV planerar ha ca 200 och ESS ca 500 i fast personal som sköter anläggningarna och deras drift. ESRF är större än både ESS och MAX IV och har 6500 användare per år och mer än 600 anställda. För att få god säkerhet för anläggningarnas fasta personal och tillfälliga användare behöver de fysiska miljöerna, arbetsförutsättningarna och säkerhetsrutinerna vara adekvat utformade.

Experimentstationerna på anläggningarna är den miljö som de tillfälliga användarna kommer att möta. En god fysisk, användarvänlig utformning av dessa stationer är centralt för både goda arbetsförutsättningar och för god säkerhet. Den fysiska utformningen och utformningen av säkerhetsorganisationen kring experimentstationerna bör ske parallellt och innebär fattande av ett flertal kritiska designbeslut.

Med utgångspunkt från uppbyggnaden av MAX IV och ESS har detta projekt haft som syfte att fokusera på två frågeställningar:

- Vilka särskilda krav ställs på utformandet av ledningssystem för säkerhetsarbete i riskfyllda miljöer där en stor del utgörs av tillfälliga användare från många länder?
- Hur kan/bör man utforma den fysiska miljön och arbetsförutsättningarna i nya högteknologiska miljöer så att anläggningarna blir tillräckligt väl anpassade för både fast personal och tillfälliga användare, och därmed minska riskerna?

## 2. Metod

Studien är baserad på fallstudier i tre forskningsanläggningar: ESS, MAX IV och ESRF. I studien av MAX IV studerades också den tidigare anläggningen som bedrivits av samma organisation, MAX-Lab. För varje anläggning genomfördes intervjuer med anställda som spelades in. Dokument om anläggningen, framförallt gällande säkerhetsaspekter, samlades också in. Projektets datainsamling men också analys av det empiriska materialet har inriktats på projektets två övergripande frågeställningar. Resultatet utmynnade i ett antal viktiga aspekter vilka presenteras i denna rapport.

Totalt i projektet intervjuades 11 personer. Inom ESS intervjuades chefen för Säkerhet, Hälsa och Miljö. Inom MAX IV intervjuades sju personer: chefen för Hälsa, Säkerhet och Miljö, strålsäkerhetsexpert, kontrollrumsoperatör, forskningsingenjör, koordinator strålrörprojektet, personalsamordnare samt ordförande i MAX-Labs användarförening. Vid ESRF intervjuades tre personer: chefen för säkerhetsgruppen, klassisk säkerhetsingenjör samt strålsäkerhetsingenjör.

Intervjuerna, som kan ses som explorativa, belyste följande övergripande områden: begreppet säkerhet, säkerhetsorganisationen med dess olika roller, utformning av arbetsförutsättningar i laboratorier, designprocesser, säkerhetskultur, ledningssystem, kompetens och användarutbildningar.

## 3. De tre forskningsanläggningarna

De tre studerade forskningsanläggningarna är i olika utvecklingsfaser. ESS är idag under utformning. De centrala delarna av MAX IV är färdigutformade och byggda, men utformningen av MAX IV:s olika strålrör (idag 14 finansierade) med tillhörande experimentstationer är under tidig utveckling. ESRF är idag en anläggning i drift sedan 20 år tillbaka men anläggningen står inför en större uppgradering och därmed ombyggnation.

### 3.1. European Spallation Source ERIC (ESS)

ESS i Lund är ett multidisciplinärt europeiskt forskningscentrum som när anläggningen är klar kommer baseras på en av världens mest kraftfulla neutronkällor. ESS har idag en uppbyggnadsorganisation och är i ett tidigt stadium i uppförandet av byggnader. Grundläggande delar av planeringen finns men inga enskilda detaljer. ESS beräknas få 22 instrument. Antalet anställda baserade i Lund är ca 300 med över 40 olika nationaliteter. Man planerar att ha det första instrumentet i drift 2020. Under 2015 blev ESS av EU etablerat som ett ERIC, dvs ett European Research Infrastructure Consortium med hittills 17 europeiska medlemsländer. Man har en generaldirektör och en styrelse.

### 3.2. MAX IV

MAX IV är en nationell anläggning med Lunds universitet som värduniversitet. Den leds av en direktörsgrupp som rapporterar till MAX IV:s styrelse. Anläggningen producerar röntgenstrålar av mycket hög intensitet och kvalitet och kommer att ha bäst prestanda i världen i sitt slag. Ett helt färdigbyggt MAX IV beräknas ha ett 30-tal experimentstationer eller strålrör. MAX IV är en vidareutveckling av MAX-Lab vilket efter nästan 29 år stängdes ned i december 2015. Den driftkompetens som man fått från MAX-Lab tar man med sig till MAX IV. Antalet anställda på MAX-Lab har under de senaste åren ökat pga uppbyggnaden av MAX IV. Från att ha varit runt 60 personer för att driva laboratoriet är man idag en bit över 200. I uppbyggandet av MAX IV har en mängd konsulter involverats i arbetet. Exempelvis görs mycket programmering av nya system samt dokumentation av konsulter. MAX IV genomgår i skrivande stund övergången till att bli en driftorganisation.

### 3.3. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)

ESRF är en forskningssynchrotronanläggning i Grenoble, Frankrike, som består av en av världens starkaste högenergimaskiner optimerad för hårda röntgenstrålar. Man har idag 43 experimentstationer eller strålrör. ESRF leds av en generaldirektör och en styrelse. ESRF är ett internationellt samarbete med 13 medlemsstater

och 8 vetenskapligt associerade stater. Man har mer än 600 anställda med 40 olika nationaliteter. Anläggningen är ett privat företag vilket innebär att man betalar fransk inkomstskatt och lyder under fransk lag. Även om man är ett privat företag är det inte tänkt att anläggningen ska göra någon kommersiell vinst. Anläggningen är placerad på European Photon and Neutron Campus tillsammans med neutronkällainstitutet Laue-Langevin (ILL) och European Molecular Biology Laboratory (EMBL) med vilka ESRF har flera formella och informella samarbeten. ESRF är medlem i EIROforum (Europe's Intergovernmental Research Organisations) som huserar sju multinationella forskningsanläggningar i Europa. Efter mer än 20 års verksamhet genomför ESRF nu ett ambitiöst och innovativt moderniseringsprojekt av anläggningen. Man är i fas två av denna uppgradering vilket innebär en ombyggnad och utökning av lagringsringen och anläggningen utökar kapaciteten med en faktor 100. Man kommer dock inte producera mer strålning, men intensiteten hos röntgenstrålarna ökar ed men faktor 500. Efter denna uppgradering kommer ESRF vara i ledande position ett antal år till.

### **3.4. Bemanning**

Bemanning är en kostnads- och säkerhetsfråga. Det blir dyrare om en anläggning ska bemannas kvällar, nätter och helger. Samtidigt kan det vara nödvändigt både ur driftsynpunkt och ur säkerhetssynpunkt att ha personal på plats under dessa tider.

På MAX-Lab har det inte funnits behov av att ha operatörer på plats dygnet runt pga att acceleratoren bara har körts dagtid för fyllning av lagringsringarna. Detta har inneburit att det funnits användare på anläggningen kvällar och helger även då anläggningen inte varit bemannad med egen personal. Det har dock funnits en jour dit användarna kunnat ringa och få hjälp men det har inte funnits något utryckningskrav för jourpersonerna. På MAX IV kommer det att vara bemannat dygnet runt vid drift.

ESRF är, precis som MAX IV kommer att vara, bemannat dygnet runt och där finns alltid operatörer på plats liksom att någon ur säkerhetsgruppen har jour. Operatörerna har mandat att stoppa experiment. De kan också alltid ringa någon från säkerhetsgruppen om de behöver hjälp och stöd.

## 4. Uppbyggnad av MAX IV

På MAX IV beskrivs att uppbyggnaden av de olika strålrören sker utan större samordning. Varje strålrör kan beskrivas som ett eget projekt som arbetar för att ta fram och bygga respektive strålrör. De olika strålrören har olika förutsättningar. De använder olika tekniker och har olika budgetar för arbetet. Samtidigt finns det funktioner såsom säkerhetsfunktionen och Beamline Project Office som arbetar över alla strålrören i uppbyggnadsfasen. Det beskrivs som en utmaning att få de olika strålrörsgруппerna att samordna sig under uppbyggnaden. I det övergripande ledningssystemet behövs processer för samordning, för att undvika ”stuprör”.

Kopplat till säkerhetsarbetet finns det en önskan att samordna arbetet så långt det är möjligt. Det är dock inte möjligt att likrikta arbetet helt och hitta en mall som passar alla strålrören på grund av de unika förutsättningar som finns för varje strålrör. Men det finns en önskan att de olika strålrörsgруппerna inte ska göra saker olika som inte behöver göras olika. Skillnaderna ska handla om nödvändiga skillnader. På MAX-Lab beskrivs att det har varit väldigt stora skillnader i hur de olika strålrörsgруппerna har arbetat vilket man nu vill förändra.

### 4.1 Säkerhetsgruppen

Säkerhetsgruppen på MAX IV beskriver att de i dagsläget arbetar för ett gemensamt säkerhetstänkande för strålrören. De arbetar exempelvis med en gemensam vokabulär och framtagande av gemensamma verktyg.

På MAX IV beskrivs vidare att säkerhetsgruppen kommer in och arbetar med alla strålrörsgруппerna i uppbyggnaden vad gäller strålningsrisker. I designen av ett strålrör genomförs simuleringar och beräkningar av strålningen för att kunna bygga upp de system för strålsäkerhet som behövs vid strålröret. Vad gäller andra aspekter av säkerhet tycks säkerhetsgruppen vara mer beroende av de ansvariga för de specifika strålrören och att dessa ser säkerhet som en viktig aspekt. Säkerhetsgruppen tycks med andra ord inte vara speciellt involverade i designen av strålrören. Samtidigt som detta kan ses som ett problem bör här poängteras att det är de som designar de specifika strålrören som bäst förstår verksamheten som ska bedrivas vid strålröret och kanske är de enda som förstår tekniken som används. Här beskrivs det som viktigt att säkerhetsgruppen har en dialog med de olika strålrörsgруппerna för att bygga en säker anläggning. Säkerhetsorganisationen har alltid formell rätt att stoppa verksamheter men målet är att tillsammans med de olika strålrörsgруппerna hitta en gemensam lösning.

### 4.2 Beamline Project Office

I MAX IV:s organisation har man inrättat ett Beamline Project Office, i syfte att koordinera designen, projekteringen och utbyggnaden av strålrören. Genom denna organisatoriska lösning kan säkerhetsfrågor beträffande designen av nya strålrör samordnas. Man avser sätta gränser för att trygga säkerheten. Redan i designstadiet beaktar man sådant såsom gashantering, gassystem och kemikaliehantering och försöker om möjligt hitta standarder för alla strålrör. Inledningsvis bedriver

man ett explorativt arbete, letandes efter rimliga standarder. I vissa fall kan det bli aktuellt med existerande industristandarder. En utmaning är att involvera tillräcklig expertis för det enskilda, specifika strålrörets förutsättningar, som kan göra en bedömning av tillämpligheten av standarder för de aktuella experimentkraven. Vid tidpunkten för intervjun bestod den centrala, koordinerande gruppen av fyra personer. Därtill kommer en projektledare och ett stort antal personer per strålrör. I vissa säkerhetsrelaterade frågor anlitar man konsultstöd för hjälp med lösningar eller bättre definition av frågorna.

Varje strålrör utgör en självständig enhet, med eget projektansvar. En informant menade att Beamline Project Office kontrollerar att spelreglerna följs gällande såväl säkerhetsaspekter som budget- och tidsaspekter. Man hittar också gemensamma lösningar som kan implementeras i vart och ett av strålrörsprojekten.

Konkret sköter Beamline Project Office t ex definition och upphandling av experimentstationerna som bygger in hela experimentuppställningen. Från strålsäkerhetsgruppen inhämtas information om sådant som dimensionering (t ex att man måste ha minst 4 mm bly i taket). Med sådana grunddata försöker man hitta en design som samtidigt beaktar funktionaliteten och strålsäkerheten. Genom samverkan med andra synkrotronanläggningar får man tillgång till standardlösningar som kan vara underlag i upphandlingar. En informant beskrev att strålsäkerhetsgruppen tar fram krav och att Beamline Project Office sedan hittar praktiska lösningar som svarar mot kraven. I princip står man för design av infrastrukturen kring experimentstationerna och ser till att det finns sådant såsom tillräckligt utrymme, adekvat belysning och lämpligt säkerhetsavstånd till gasflaskor.



## 5. Vad är säkerhet i denna typ av forskningsanläggning?

Säkerhet är ett begrepp som kan definieras på olika sätt och ibland beroende på vilken typ av verksamhet säkerheten gäller. En definition är frihet från oacceptabla risker för personlig skada (Royal Society, 1992). Underförstått här är att risken värderas mot ett kriterium för vad som är acceptabelt, en balans mellan säkerhet och risk. Om risken är oacceptabel kan tekniska och administrativa barriärer byggas för att begränsa risken och öka säkerheten. Denna syn på säkerhet kan liknas vid den som de studerade anläggningarna har. Inom de besökta anläggningarna finns många exempel på både fysiska och administrativa barriärer med fokus på framför allt strålsäkerhet. Säkerhetsbarriärer måste finnas men även det organisatoriska synsättet på säkerhet är centralt. I det organisatoriska synsättet är säkerhet mer än att undvika risker och att hantera fel. Det handlar om ett positivt engagemang för att förutse och planera för oväntade händelser (Rochlin, 2003). Säkerhet handlar om kvaliteten på de processer en verksamhet har för att hantera sina riskkällor (Reason, 1997) och det ultimata målet är med Weicks och Sutcliffes (2007) termer att ”hålla det oönskade som en icke-händelse”.

I de besökta anläggningarna är antalet allvarliga incidenter och olyckor väldigt få. Att få ett lärande för säkerhet och ett förbättringsarbete enbart utifrån analys av incidenter har därför begränsad potential. Anläggningarna som finns och som byggs är komplicerade system där man inte alltid kan härleda orsaker till händelser och incidenter på samma sätt som i enklare linjära system. Hollnagel (2014) säger att händelser och incidenter är emergenta. Det är därför motiverat att också lyfta fram ett annat synsätt på säkerhet där begreppen säkerhet-I och säkerhet-II introducerats (Hollnagel, 2014). Med säkerhet-I-perspektivet orsakas olyckor av att någon eller något inte fungerar som det ska och man utreder och identifierar orsaker och bidragande faktorer. Med säkerhet-II-perspektivet är människan en nödvändig resurs för systemets flexibilitet och resiliens. Saker blir bra för att människan anpassar sitt sätt att arbeta efter vad situationen kräver. Det är viktigt att också lära sig om vilka dessa anpassningar (variationer) är och varför det blev rätt (och inte fel). Säkerhet definieras därmed som närvaro av rätt.

### 5.1. Säkerhet för maskin och forskningens kontinuitet

De intervjuade säkerhetscheferna menar att det finns en genuin vilja att bygga så säkra anläggningar som möjligt, men hur olika personer ser på säkerhetsarbetet varierar. Att ta fram nya forskningskoncept och nya instrument ses självklart som högt prioriterat. Fokus på anläggningarna ligger på den vetenskapliga forskningen och att skapa en bra miljö för gästforskarna. Fokus ligger med andra ord på forskningsverksamheten och säkerhetsorganisationerna måste därför tydligt visa på sitt existensberättigande.

Under intervjuer vid anläggningarna blir det tydligt att säkerhet inte bara handlar om personsäkerhet utan också om maskinsäkerhet. Det är väldigt viktigt på en forskningsanläggning att maskinerna fungerar då de ju är nödvändiga för produktionen. Flera informanter uttryckte att organisationen är medveten om behovet av att maskinen fungerar, att forskningen kan bedrivas och att användarna därmed blir nöjda. Detta måste balanseras mot alla rådande säkerhetskrav. Man kan jämföra med diskussionen om "safety first" som alltid är ett orimligt mål. Skulle man sätta säkerhet först är det i praktiken inte möjligt att ha en verksamhet såsom en forskningsanläggning (eller någon anläggning alls).

## 5.2. Strålsäkerhet och andra säkerhets aspekter

Säkerhetsaspekten inom de besökta anläggningarna har olika inriktningar. Så här långt i uppbyggnaden av ESS ligger fokus mycket på säkerhet för tredje person. För MAX IV och ESRF visar informanternas svar att strålsäkerheten för de som vistas på anläggningen är helt central och att man har väldigt god förståelse för denna på de besökta anläggningarna.

På alla tre anläggningarna lyfts strålsäkerhet fram som väldigt viktigt och man har dedikerade grupper som arbetar just med detta. Strålsäkerheten skall ha stort utrymme, men det kan finnas en risk att andra aspekter av säkerheten glöms bort. Flera av informanterna lyfter fram andra säkerhetsaspekter där de menar att det finns fler uppenbara risker, framför allt rörande kemikaliehantering, gashantering, elsäkerhet och laserhantering i experimentstationerna. Vid drift kan det finnas tillfällen där de nämnda riskkällorna direkt hanteras av besökande användare. Informanterna menar att man behöver ha ett bredare säkerhetstänk som innefattar mer än enbart strålsäkerheten. Det finns en risk att man annars arbetar i stuprör med hantering av olika riskkällor. Vidare beskrivs att i utbildningar för besökande användare behöver de olika typerna av riskkällor inkluderas.

Informanterna beskriver att säkerhetsaspekterna kan variera oerhört mycket vid experimentstationerna, från att det är enkel utrustning som krävs för ett experiment till komplexa situationer där man t ex skall kombinera extern laser med synkrotronljus. Det innebär en komplexitet som användarna kommer i kontakt med och som påverkar arbetsförutsättningarna och säkerheten i experimentstationerna. Experimentstationerna måste dessutom vara flexibla för att kunna anpassa den fysiska omgivningen i experimentstationen till experimenten som skall genomföras.

## 6. De tre säkerhetsorganisationerna

Säkerhetsorganisationen i de tre studerade anläggningarna ser något olika ut. En orsak till detta är att verksamheterna är i olika faser – ESS som är under uppbyggnad, MAX IV som är på väg att bli en driftorganisation och ESRF som är under aktiv driftsfas. Detta betyder också att det finns olika behov av hur organisationerna behöver se ut.

### 6.1. ESS säkerhetsorganisation

ESS är i skrivande stund framför allt en projektorganisation med fokus på byggnation och inte på säkerhet i den kommande driftorganisationen. ESS har en chef för Säkerhet, Hälsa och Miljö (Head of Safety, Health and Environment) men har inte definierat utseendet på hur säkerhetsorganisationen ska se ut under driftsfas.

### 6.2. MAX IV:s säkerhetsorganisation

Säkerhetsgruppen inom MAX IV har expertis och formella delegationer inom områdena strålsäkerhet, brandsäkerhet och kemikaliesäkerhet. Andra säkerhetsområden som t ex elsäkerhet och lasersäkerhet, är delegerade till individer inom MAX IV men utanför säkerhetsgruppen. Ytterligare säkerhetsområden hanteras i stor utsträckning av Lunds universitets gemensamma resurser, t ex miljösäkerhet, skal-skyddsfrågor (sekuritet) och arbetsmiljö.

Hösten 2015 bestod säkerhetsorganisationen av 16 personer. Av dessa arbetade 12 personer med strålsäkerhet. Denna organisation var anpassad för faktumet att det samtidigt pågick en uppbyggnad av MAX IV och ordinarie drift av MAX-Lab. I gruppen om 12 personer ingår, förutom de fast anställda, personer som har korttidsanställningar eller timanställningar. När MAX IV öppnas och efter avvecklingen av MAX-Lab kommer det finnas färre personer inom säkerhetsgruppen, även inom området strålsäkerhet.

### 6.3. ESRFs säkerhetsorganisation

Inom ESRF består säkerhetsgruppen av ca 25 personer och är uppdelad i fyra enheter. De fyra enheterna är 1) klassisk säkerhet (allmän arbetsäkerhet), 2) strålsäkerhet, 3) experimentsäkerhet, samt 4) experimenthallsäkerhet.

Enheten för klassisk säkerhet (4 personer) ansvarar för riskutvärdering, definition av säkerhetspolicy, samt säkerhetsträning/-utbildning av personal och användare. En informant från enheten, där alla säkerhetsaspekter utom strålsäkerhet ligger, uttryckte en viss farhåga kring att det finns ett visst överlappande arbete mellan två enheter. Vissa saker faller under denna enhet om det gäller vissa delar av anläggningen, men faller under enheten experimenthallsäkerhet om det gäller andra fysiska områden. Det gör att vissa saker kan falla mellan stolarna, för att man tror att den andra delen av organisationen har hand om det.

Enheten för strålsäkerhet hanterar bl a radioaktiva källor och prover (3 personer).

Enheten för experimentsäkerhet (4 personer) sköter bl a säkerhetsuppföljningar av experiment. Arbete med säkerhetsanalyser och säkerhetsuppföljningar av experimenten kommer att beskrivas vidare under avsnitt 15 Säkerhetsgranskning av experiment.

Enheten för experimenthallsäkerhet (10 personer) inkluderar 8 experimenthallsoperatörer som arbetar i skift med säkerhet. Det finns en operatör på anläggningen 24 timmar om dygnet, 7 dagar i veckan. De har hand om nödsituationer tillsammans med kontrollrummet, säkerhetsansvaret på experimentgolvet, säkerhetskontroller och alarm på strålrören. De ger också teknisk assistans åt användarna. Informanterna beskriver operatörerna som aktörer för säkerhetsarbetet då dessa alltid är på plats. De kan inte ersätta personalen inom strålsäkerhet eller klassisk säkerhet, men är viktiga när dessa inte är på plats. Inom enheten för experimenthallsäkerhet finns även en tekniker som ansvarar för underhåll och periodiska test av personliga säkerhetssystemet (PSS). Chefen för säkerhetsgruppen framför att på de flesta synkrotronanläggningar hanteras PSS av den tekniska avdelningen (service). Informanten tycker detta är fel då det medför att designen av PSS-systemen hamnar utanför säkerhetsgruppens kontroll. Säkerhetsgruppen kan se detaljer i strålsäkerhetsaspekter bättre än vad teknikerna kan. Det är alltså bättre att säkerhetsgruppen gör designen och att teknikerna utför och testar.

# 7. Ansvar för säkerhet

En fråga är var säkerhetsansvaret ska ligga på en anläggning såsom de studerade forskningsanläggningarna. Vem eller vilken del av organisationen ska ansvara för säkerhet? Eller är säkerhet allas ansvar? Har man organiserat säkerhetsfunktionen med beslutsmyndighet (delegation) eller som en rådgivande funktion? Vem har mandat att stoppa verksamheten? Dessa organisationsdesignfrågor är centrala för hur den dagliga verksamheten organiseras.

Mänskligt beteende, t ex aktivt ansvarstagande för säkerhet, beror av individens motivation. Blumberg och Pringle (1982) föreslog att mänskligt beteende kan analyseras utifrån samspelet mellan tre dimensioner: Kapacitet (kompetens), Vilja (motivation) och Möjlighet (handlingsutrymme). Alla tre växelverkar med varandra, och påverkar det resulterande beteendet. Beträffande eventuellt ansvarstagande för säkerhet innebär det perspektivet att individen måste ha adekvat kompetens för att förstå och kunna agera på ett lämpligt sätt. Individen behöver dessutom känna att det är angeläget och vilja göra det. Dessutom måste individen ges utrymme och tillfälle att faktiskt ta ansvar och utföra därmed förknippade handlingar. Om inte alla tre dimensionerna är adekvat uppfyllda kan inte ett önskat resultat förväntas. Detta kan vara lämpligt att beakta vid utformning av arbetsförutsättningarna för såväl användare, säkerhetspersonal som chefer vid de aktuella anläggningarna.

## 7.1. ESS

ESS skiljer sig från de andra anläggningarna då denna i skrivande stund inte finns fysiskt och mycket fokus ligger på att erhålla tillstånd från olika myndigheter. Man har inte bestämt hur säkerhetsorganisationen skall se ut och vilken roll säkerhetschefen kommer att ha. I dagsläget är det generaldirektören som ansvarar för säkerheten. Han har inte delegerat säkerhetsansvaret även om det kanske kan bli så. Säkerhetschefen har alltså en rådgivande roll och i dagsläget ingen makt att stoppa någon verksamhet, men kan påpeka att om inte vissa saker uppfylls så kan det påverka tillståndsprövningen för anläggningen. Säkerhetschefen, tillsammans med sin grupp, har som uppgift att ta fram och tolka krav från Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), andra myndigheter och även interna krav vad gäller hållbarhet, säkerhet och hälsa. Man ansvarar alltså inte för säkerheten men ska tillse att säkerhet tillgodoses i designen av anläggningen. De supportar utveckling av designen vad gäller både expertis och ställda krav. När anläggningen tas i drift så skall det enligt SSM finnas en utsedd person som ansvarar för säkerheten och att det finns en strålskyddsföreståndare/-radiologexpert som har mandat att avbryta arbetet med joniserande strålning. Arbetsmiljöansvaret i dagsläget (uppbyggnadsorganisationen) är delegerat till linjecheferna vilket betyder att säkerhetschefen har ansvar för de 10 medarbetare som arbetar under honom. ESS har också en ”safety advisory group” som träffas och diskuterar olika typer av säkerhetsfrågor. I denna grupp finns det deltagare från respektive avdelning inom ESS förutom Human Resources.

## 7.2. MAX IV

På MAX IV är chefen för säkerhetsgruppen delvis ansvarig för arbetet med Hälsa, Säkerhet och Miljö (HSE-Health, Safety and Environment). Han och hans grupp har delegerat ansvar inom brand-, strål- och kemikaliesäkerhet och en samordnande och rådgivande roll inom övrigt säkerhetsarbete inom organisationen.

## 7.3. ESRF

ESRFs säkerhetschef har ett fullt delegerat ansvar från generaldirektören (GD) vad gäller säkerheten och kan själv fatta beslut. Uppkommer några säkerhetsproblem som gör att ESRF måste gå till domstol så är det säkerhetschefen som kommer att kallas. Formellt delegeras strålsäkerhetsansvaret från myndigheterna inte till anläggningen utan till en person vilket i detta fall är säkerhetschefen. Han understryker att säkerhetsansvaret måste ligga på säkerhetschefen. Han beskriver att om han bara var rådgivande till GD så hade de behövt träffas varje dag vilket inte är möjligt i praktiken. På andra anläggningar har säkerhetschefen mer en rådgivande roll vilket enligt ESRF:s säkerhetschef gör att säkerhetsarbetet påverkas mycket av hur lyhörd ledningen är.

ESRFs säkerhetschef som varit med från början i uppbygganden av anläggningen (då i rollen som forskare) beskriver att det tidigt argumenterades att anläggningen inte behövde en säkerhetsgrupp. Säkerhet skulle vara allas arbete och ansvar. I uppbyggnaden av anläggningen kände han som forskare en oro över ingen tänkte på behovet av ett personligt säkerhetssystem och påtalade detta för ledningen. Han blev tillfrågad om han ville ta sig an uppgiften och arbetet med säkerhet och uppbyggnaden av säkerhetsgruppen och idag arbetar han enbart med säkerhetsfrågor.

Informanter från ESRF:s säkerhetsorganisation beskriver att en fördel med att ha ansvaret är att man kan stoppa verksamheter om man känner att de inte är tillräckligt säkra. Även de ansvariga som arbetar på de olika strålrören beskrivs som nöjda med att säkerhetsgruppen har ansvar för säkerhet för då slipper de ta ansvaret.

På ESRF har man byggt anläggningen så säkert att de som vistas där inte behöver gå omkring med exempelvis dosimeter. Under alla år har det inte hänt någon allvarlig olycka. Säkerhetsgruppen har en bild av att mentaliteten vid experimentstationerna under de senaste åren har försämrats gällande ESRF:s egen personal. Under de senaste två åren har de haft stor omsättning av den tekniska personalen bl a på grund av pensionsavgångar. Informanter från säkerhetsorganisationen menar att fler personer idag som arbetar med tekniska ingrepp i anläggningen inte riktigt förstår att de befinner sig i en riskfylld miljö och inte är medvetna om säkerhetsfrågor och strålsäkerhet. Det blir i ökande grad en huvudpunkt för säkerhetsgruppen att försäkra sig om att de inte förlorar den säkerhetskultur som finns inom ESRF. Man understryker att det inte handlar om bristande vilja utan om hög omsättning av teknisk personal i kombination med den högre arbetsbelastningen som råder pga den uppgradering som görs och skall göras i anläggningen. Forskningen är självklart i fokus och det kan bli att man inte vill förlora tid på andra

aspekter såsom säkerhet. Om 10 år är anläggningens första generation anställda borta. De är medvetna om att mycket kunskap bärs av dessa individer. Det gäller inte bara säkerhet utan även det tekniska.

## 8. Synlighet och delaktighet i säkerhetsarbetet

På framför allt ESRF beskrivs närvaron av personer från säkerhetsgruppen ute i anläggningen som viktigt för säkerheten. En av informanterna från säkerhetsgruppen beskriver att de ofta går runt i anläggningen för att se att allt är bra och för att diskutera med de som arbetar ute på olika ställen i anläggningen. Detta beskrivs som ett sätt att få folk att inte glömma säkerhetsfrågor men också för att utveckla bra relationer med de andra på anläggningen. Målet är att varje gång någon har en fråga som relaterar till säkerhet ska de känna att detta kan tas upp med säkerhetsgruppen.

Även på MAX IV beskrivs vikten av att säkerhetsgruppen rör sig ute i lokalerna och ser verksamheten. Detta beskrivs exempelvis som ett sätt för att få användarna att få förståelse för strålsäkerhetsarbetet men också som ett sätt för strålsäkerhetsexperterna att få förståelse för verksamheten och hur det fungerar ute på strålrören.

Säkerhetsgruppen på ESRF försöker också involvera andra i säkerhetsarbetet och få dem att delta i detta. Exempelvis varje gång kontrollrumspersonalen ska in i acceleratoren ber säkerhetsgruppen dem att ha en dosimeter med för att mäta strålningen i ringen för att de ska känna sig involverade i säkerhetsarbetet. Samma gör säkerhetsgruppen med andra grupperingar i organisationen.



## 9. Kompetensprofil för chef och medarbetare inom säkerhetsorganisationen

I studien framkom att de intervjuade säkerhetscheferna hade olika bakgrunder gällande utbildning och erfarenheter. Hur detta påverkar deras individuella kompetensprofiler och hanteringen av säkerhetsarbetet diskuteras i detta avsnitt.

ESRFs säkerhetschef argumenterar för att man måste ha rätt bakgrund och kompetens för att bli en bra säkerhetschef. Han är själv kärnfysiker i grunden och har gjort sin avhandling på accelerators. Han ser detta som en stor fördel för honom som säkerhetschef då han har menar att det ger honom en djup förståelse för vilka säkerhetsproblemen är. Han har också under sin forskarkarriär varit med och byggt upp ESRF från grunden. Han menar att om man inte kommer från ”acceleratorfältet” så blir det svårare med förståelsen. Han hävdar att på de synkrotronanläggningar i världen som lyckats bäst med säkerhetsarbetet har säkerhetschefer haft en liknande bakgrund som han. Några säkerhetschefer har en mer formell bakgrund inom strålsäkerhet men dessa beskrivs ha det svårare då de inte har samma förståelse för acceleratoren. Vidare beskriver han att i en säkerhetsgrupp behövs det en mix av personer med olika kompetens, även personer som har säkerhet som profession, vilket finns på ESRF. För att skapa en framgångsrik säkerhetsgrupp behövs båda delarna. Perspektivet ovan kan jämföras med MAX IV, vars säkerhetschef har sin kompetensbakgrund inom risk- och säkerhetsområdet och där man istället har experter på strålsäkerhet (disputerade fysiker) i säkerhetsorganisationen.

Det kan diskuteras vilka särdrag som kommer av att ha dessa två perspektiv, specialistkunskap i själva verksamheten eller i risk- och säkerhetshantering. Med en (disputerad) fysiker, som förstår själva verksamheten i detalj, kan säkerhetsarbetet få en stark bas i erkännande av och förståelse för farorna. Detta är svårt att designa in i ett ledningssystem. Med en expert på riskhantering och säkerhetsarbete som chef kan organiserandet av säkerhetsverksamheten bli mycket effektiv. Hur man ser på och kommunicerar kring säkerhetsarbetet kan vara beroende av vilken bakgrund man har. Vilka dimensioner av verkligheten man uppfattar och ser som viktiga påverkas av ens kunskap, kompetens och erfarenheter. Detta individuella beroende kan förstås genom teori om experters beslutsfattande, som karakteriseras som naturalistiskt (Klein, 2008), där ”magkänslan” är en central faktor.

# 10. Standardisering, kontroll och tillsyn

På alla tre anläggningarna beskrivs standardisering som ett sätt att harmonisera arbetet. Det argumenteras att genom att använda och följa standarder kan samordning och idéutbyte underlättas. På både ESS och ESRF diskuteras exempelvis CE-certifiering. På ESRF beskrivs att de just nu arbetar med att all utrustning på platsen skall vara CE-certifierad. Genom att följa samma standarder uppnås en viss grund för ömsesidig förståelse mellan olika strålrörsorganisationer, och den övergripande säkerhetsorganisationen får viss likhet mellan de olika strålrören.

Det finns både för- och nackdelar med standardisering. Det kan argumenteras att standardisering av säkerhetsaspekter i olika system i samhället har lett till en förbättring av säkerheten. Samtidigt är det nödvändigt att också se utmaningarna och problemen med standardisering (Antonsen et al., 2012). Antonsen et al. (2012) beskriver att ett problem med standardisering är att organisatoriska kvaliteter som är viktiga för förmågan att hantera det okända, dvs krissituationer, kan påverkas negativt av standardisering bl a genom att standardisering reducerar flexibiliteten vilket beskrivs som en viktig parameter för krishantering. Informanter i denna studie beskriver att det inte är möjligt att helt standardisera hur arbetet sker vid strålrören då det finns en variation mellan dessa. Det är med andra ord en viktig avvägning mellan hur mycket som ska standardiseras och hur mycket som faktiskt behöver se olika ut beroende på strålrörens olika förutsättningar.

En av informanterna på ESRF beskriver att kopplat till strålsäkerhet finns det stränga krav och att regelverken för strålsäkerhet är relativt lika i hela Europa. Han beskriver att det även finns krav på andra säkerhetsaspekter men att dessa inte är lika omfattande som när det gäller strålsäkerhet. Enligt informanten genomförs många kontroller varje år vad gäller strålsäkerhet. De har en intern kontroll varje år på strålrören. På acceleratorm genomförs det två kontroller per år. Dessutom genomförs kontroller av ett externt företag. Vidare beskrivs att myndigheten som kontrollerar dem framför allt har kompetens inom området reaktorer och inte inom området acceleratörer. Informanten beskriver att det i och med deras diskussioner om ombyggnad har nu myndigheterna skaffat sig mer kompetens om just acceleratörer vilket har lett till en bättre ömsesidig kommunikation.

I Sverige beskrivs att tillsynsmyndigheten för strålsäkerhet är väldigt detaljinriktad. Informanter menar att de krav som kommer från SSM vad gäller exempelvis kontroll och mätning till stor del påverkar hur säkerhetsorganisationerna byggs upp och vilka uppgifter de får.

Power (1999) argumenterar att vi idag lever i ett kontroll- eller revisionssamhälle. Ett problem med detta är att det ofta blir administrationstungt, där allt för mycket tid läggs på att ta fram exempelvis dokument för att kunna mäta, i detta fall strålsäkerhet. Teorier om revisionssamhället diskuterar vidare att aktiviteterna i sig

inte väljs för att de ses som ändamålsenliga för att skapa säkerhet utan kanske istället för att i efterhand kunna mäta ”säkerhet”.

# 11. Säkerhetsfunktioner vid ett strålrör eller instrument

De olika strålrören på både MAX IV och ESRF beskrivs i viss mån som självständiga organisatoriska enheter. För att driva och genomföra experiment vid ett strålrör behövs specialistkompetens om det specifika strålröret vilket gör det lämpligt att dessa även fungerar som enskilda grupperingar. Samtidigt finns det i organisationerna verksamheter som spänner över hela organisationen och då också alla strålrör, såsom exempelvis säkerhetsorganisationerna.

Knutet till varje strålrör/instrument finns en grupp bestående av forskare, Post-Docs, doktorander och tekniker. Exakt hur denna grupp ser ut varierar både mellan de olika strålrören och mellan de olika anläggningarna. Instrument scientist (ESS), Beamline manager (MAX IV), och Beamline responsible (ESRF) är ansvariga för strålröret och tillhörande experimentsstation. Det är denna funktion som (tillsammans med sin grupp) har den personliga kontakten med besökande forskargrupperna och som har som uppgift att hjälpa till så att experimenten blir lyckade.

På ESS beskrivs att det kommer att finnas minst en Instrument scientist för varje strålrör som är ansvarig för just detta strålrör. Denna funktion kommer också på något sätt vara ansvarig för säkerheten vid instrumentet. Det är dock ännu inte klart hur uppdelningen av säkerhetsfrågorna kommer att vara mellan säkerhetsgruppen och Instrument scientist.

På MAX IV beskrivs Beamline managern som viktig för säkerheten på ett strålrör. Denna funktion är viktig eftersom det är Beamline managern som har den dagliga och personliga kontakten med de besökande forskargrupperna, är den som ser vad som fungerar bra och mindre bra i praktiken vid strålröret och därmed per automatik blir involverad i säkerhetsaspekterna och i designen av säkerhetsaspekterna. Samtidigt beskrivs av informanter att man har som mål att ”bygga in säkerhet” i MAX IV och undvika att säkerhet blir personberoende. Det ska inte spela någon roll om Beamline managern är ”bra eller dålig”. Funktionen är viktig för att få framgångsrika experiment, men skall inte vara avgörande för säkerheten vid ett strålrör. Detta gäller främst strålsäkerhet – andra delar av säkerheten kommer alltid att vara beroende av strålrörspersonalens inställning. Vidare har man som mål att det ska finnas en kontaktperson för säkerhet på varje strålrör.

På ESRF är det tydligt att strålrörsgupper inte har något egentligt säkerhetsansvar utan säkerhetsansvaret ligger på ESRFs säkerhetsgrupp. Samtidigt sker det självklart en samverkan mellan strålrören och säkerhetsgruppen. Säkerhetsgruppen verkar ta på sig nästan allt arbete relaterat till säkerhet. En av informanterna säger att ”*safety is a priority of the safety group*”. Säkerhetsorganisationen kan beskrivas som att de är utförare och inte bara experter som stödjer andra i säkerhetsarbetet. Exempelvis genomför säkerhetsgruppen riskanalyser åt externa entreprenörer. De utför med andra ord mycket administration och analysarbete som kanske

kunde ligga på andra delar av organisationen eller t o m andra organisationer. Detta kan medföra negativa effekter som att andra delar av ESRF inte deltar i säkerhetsarbetet.

En fråga är om det ska finnas en säkerhetsansvarig för varje strålrör eller om säkerhetsansvaret ska ligga centralt i organisationen. På ESRF är det tydligt att ansvaret för säkerhet ligger på säkerhetsgruppen medan det på MAX IV verkar vara ett mer delat ansvar mellan säkerhetsgruppen och strålrören. Det finns inget ”sant svar” på denna fråga men frågan behöver lyftas och diskuteras.

# 12. Design för säkerhet – Fysisk utformning

Vid utformningen av den fysiska miljön krävs en avvägning mellan motsatta intressen. Å ena sidan eftersträvas en enkel, standardiserad och statisk design av anläggning, lokaler och apparatur, för att få överskådlighet, förutsägbarhet och tydliga skydd mot vissa faror. Å andra sidan är en viss flexibilitet nödvändig för att möjliggöra den vetenskapliga verksamheten. Det är en utmaning att inte göra en för statisk och robust utformning. Genomförandet av experiment kräver att vissa fysiska förutsättningar kan variera (t ex placering av apparatur, skapande av särskilda förutsättningar – tryck, gaser och temperaturer).

Huvudsakligen designas varje strålrör eller varje experimentstation i ett eget projekt. Detta medför en utmaning i att uppnå samordning och harmonisering av utformningsprinciper.

## 12.1. Användning av branschkunskap

I projektets intervjuer har det tydligt framkommit att man till stor del lutar på och lutar sig mot de leverantörer av särskild utrustning som finns att tillgå. Exempelvis beskrivs att man använder sig av företag som har erfarenhet från uppbyggnaden av andra, snarlika forskningsanläggningar. Företag som exempelvis är specialister på sådant som att konstruera och montera experimentstationer av bly för strålningsssäker inkapsling anlitas. Dessa starkt specialiserade företag har i många fall byggt upp en unik och mycket värdefull kunskap om vad som kan och bör göras samt hur det lämpligen utförs. Informanter beskriver att de har som absolut krav att leverantörer ska ha erfarenhet av att ha levererat till andra anläggningar med motsvarande specifikationer.

## 12.2. Fysiska strålskydd – barriärer

Strålningsrisker hanteras av uppenbara skäl med hjälp av fysiska barriärer, som kan hindra strålning från att åsamka skada. I linje med Haddons (1973) klassiska modell handlar det om att separera skyddsvärda entiteter från energier som kan åsamka skada, vilket kan göras på en mängd olika sätt. Fast monterade barriärer medför en viss säkerhet. Samtidigt innebär varje barriär ett bidrag till en anläggnings komplexitet. Ju fler och mer omfattande barriärer, desto svårare att överblicka och övervaka helheten. En total inkapsling av all strålningsrisk – och andra farokällkor – är inte möjlig. De studerade forskningsanläggningarna (eller vilken anläggning som helst) kan aldrig vara helt säkra. Alla risker kan inte byggas bort. Vidare är ett system inget statiskt utan förändras kontinuerligt baserat på exempelvis ledningsbeslut (Carayon et al., 2015).

De kvarvarande riskerna kan i vissa fall hanteras genom administrativa barriärer och goda och säkra mänskliga beteenden. Säkra mänskliga beteenden förutsätter vissa kunskaper och prioriteringar hos såväl personal som användare. Utmaningen

är att nå en rimlig minimering av riskerna, genom att kombinera fysiska barriärer med andra former av skydd.

Informanter vid MAX IV har uttryckt att man har som mål att ha alla [fysiska] barriärer som är rimligt att ha. Samtidigt finns en medvetenhet om att verksamheten kommer kräva vissa former av ändringar i den fysiska miljön från vecka till vecka. Man menar att strålningsrelaterade risker i hög grad kan ”byggas bort” (men inte elimineras). För andra riskkällor, som t ex el, kan det vara svårare att ordna robusta fysiska barriärer.

Personalen vid forskningsanläggningarna exponeras i sitt dagliga arbete för riskerna. De tillfälliga användarna har kortare tid i miljön. Samtidigt bidrar de senare till den allmänna riskbilden. Användarna har i allmänhet sämre kunskaper och förståelse för anläggningarna än den lokala personalen. Därmed kan användarna i större mån antas bidra till (den komplexa) riskbilden för anläggningarna och alla människor som verkar eller vistas där.

Användarna kommer oftast till en färdig experimentuppställning, men vanligen är vissa manuella handgrepp nödvändiga i genomförandet av själva experimenten. Med en hög grad av automation av den direkta kontakten med maskinen och utrymmen med potentiell strålningsrisk, t ex genom robotiserad hantering av prover, kan riskerna för användare begränsas.

Den större delen av strålskyddet är fast betong och blykonstruktioner. Vissa delar kan flyttas (t ex blyskivor). Historiskt är det ytterst sällan någon [vid MAX-Lab] flyttat på strålskyddselement. För att minska riskerna för detta är mycket – men inte allt – uppmärkt: *”Ingår i strålskydd. Får ej flyttas.”* Vidare försöker man i utformningen av anläggningen att i möjligaste mån placera löstagbart strålskydd i områden där ingen kan eller ska vistas under drift, för att minimera risken att någon skulle flytta dem under drift.

Vid MAX IV används även färger som en visuell signal av strålskydd. Man har valt att konsekvent låta alla strålrörs experimentstationer (som har blyväggar) vara orangemålade (Figur 1). Avsikten är att informera alla, personal och användare, om att de orangea väggarna inte får manipuleras (t ex inte borrar i eller monterar saker på).



Figur 1. MAX IV har valt designlösningen med orangemålat strålskydd (väggar med betong och bly).

Vid ESRF användes inte denna metod. I stället markerades motsvarande ytor med klisteretiketter med skriftligt budskap om strålskydd, uppsatta med ca en meters mellanrum (Figur 2).



Figur 2: ESRF har valt designlösningen med klisteretikett med budskap om att strålskyddet ej får manipuleras.

Vid utformningen av det fysiska gränssnittet mot personal och användare väljer man vid MAX IV att eftersträva konsekvens, t ex avseende färgkodningen med orange för att markera väggar som hör till strålskyddet. Färgvalet bidrar till *synlighet* (Norman, 2002), och den konsekventa användningen kan – om alla människor som vistas i miljön har utbildning/information om innebörden – fungera genom principen *kunskap i världen* (Norman, 2002).

En omfattande inkapsling och användning av fysiska barriärer som skydd medför säkerhet, både för maskin och människa. Samtidigt har det vissa nackdelar, som exempelvis att den som inte varit med och konstruerat anläggningen/maskinen har svårt att utveckla en djup förståelse för konstruktionens system – hur olika delar samverkar. När man inte kan se hur maskinen är konstruerad, vilka delar den innehåller och hur dessa är sammanlänkade, är det svårare att förstå och få en mental bild av anläggningen och dess faror. I designtermer kan detta klassas som en låg synlighet (Norman, 2002).

## 12.3. Ergonomiska aspekter

Utformningen av den fysiska miljön innefattar även ergonomiska aspekter, med en anpassning av de fysiska arbetsförutsättningarna till människors kroppsliga förutsättningar och behov. I intervjuerna har det framkommit att experimentstationerna först och främst utformas efter den aktuella experimentuppställningen. Den sätter ramvillkoren för den rumsliga lösningen. Detta kan i vissa fall eventuellt medföra krav på mindre lämpliga rörelser och arbetsställningar. Detta är något man menar måste accepteras, då apparaturens funktionalitet är en förutsättning för verksamheten. Det kan vara svårt eller omöjligt att jämföra med uppställningen. Man har då som princip att försöka skapa gott om utrymme runt omkring apparaturen. Informanter påpekade också att man ser till att säkerhetssystem fungerar, t ex att man har ordentliga utsug och liknande. Det prioriteras högre än att saker och ting är lätta att komma åt. Vidare påpekades att prep-lab och kemlab, där prover och experimentrelaterat material hanteras före och efter experiment, är lättare att utforma med fysisk ergonomi i åtanke. För dessa typer av lokaler menar man dessutom att man kan hämta mycket kunskap från andra labbmiljöer. Exempelvis



beskrivs det på MAX IV att vid Lunds universitet finns omfattande erfarenheter från andra laboratorier som kan utnyttjas.

## 12.4. Automation

Automation i sig har både för- och nackdelar. Vid MAX IV exempelvis eftersträvar man en hög grad av automation av sådant såsom säkerhetssystem, övervaknings- och styrsystem och experimentstationer vid strålrör. Vid normalt fungerande minskar detta behovet av mänsklig intervention, vilket bidrar till säkerhet både genom att människor slipper befinna sig i miljöer med högre risk för exponering och genom att mänskliga fel inte stör aktiviteten. Samtidigt öppnar det upp för ”automationsironier”, som att mer sällsynta och svårförutsedda situationer, för vilka det inte finns automatiserad styrning, blir kvar för människor att hantera i alla fall, samtidigt som människorna då har sämre systemförståelse pga mindre omfattande erfarenheter av att reglera och interagera med maskinen (Bainbridge, 1983). Detta medför i dessa undantagsfall större problem och ökade risker.

Informanter har beskrivit att ”allt” kommer vara ”ett system” på MAX IV, i form av ett integrerat styrsystem för anläggningen. Man eftersträvar enhetlighet i gränssnittet, så att olika delsystem har snarlika kontroller. Detta förfarande har potential att bidra till bättre säkerhet, förutsatt att den önskade effekten med snabbare igenkänning och förståelse uppnås, så att operatörerna behöver allokera mindre resurser till att tolka gränssnittet och kan fokusera på att skapa situationsförståelse och adekvat styra processerna (Rasmussen, 1983).

Anläggningarna kommer att ha ett personligt säkerhetssystem (PSS), som genom olika former av sensorer och automation avser minimera risken att människor och maskin utsätts för skador genom exponering. Vid MAX IV har man valt att avspegla den obligatoriska mänskliga avsökningen av kontrollerade områden före driftstart med en serie tryckningar på knappar i den fysiska miljön, med krav på sådan tid mellan tryckningarna att den avsökande personen hinner gå lugnt mellan knapparna. Detta bygger på ett antagande om att man annars skulle kunna slarva och hasta genom lokaler och trycka på knappar utan att ordentligt titta om någon befinner sig i lokalerna. Huruvida denna lösning har verksamt effekt är inte klart. Det kan finnas en risk att den inbjuder till gamification, där man ”gör det till en sport” att försöka pricka in minimiintervallen mellan tryck på olika knappar utan att för den skull genomföra en noggrann sökning.

Informanter har beskrivit hur olika tekniska system som tas fram för eller anpassas till MAX IV blir ”modernare” och antas bli mer lätta att felsöka än motsvarande system vid MAX-Lab. I designen och uppförandet av anläggningen och dess apparaturer eftersträvar man en mycket hög grad av dokumentation och systematik. Någon uttryckte det som att allt är uppmärkt, att det finns dokumentation över allting och att det är mer tydligt vem som äger (är ansvarig för) vilket system. Denna höga grad av systematik bör kunna bidra till ansvarstydighet och därmed känsla av ansvar, utöver att det kan bidra till bättre systemförståelse och effektivare felsökningar.

Operatörerna (de som övervakar och styr driften av maskinen, i synnerhet accelerator och lagringsring) kommer vid MAX IV att ha grundläggande strålskyddsutbildning. Det kommer också finnas en från strålskyddsgruppen på anläggningen när maskinen körs, utgående från kontrollrummet.

Informanter har uttryckt att visionen är att strålsäkerhetsgruppens arbete ska minska. Detta genom att tekniska system tar över delar av övervakningen och att olika (förutsägbara) moment vid strålrör ska kunna genomföras utan att strålsäkerhetsexperter är där. Detta har angetts som önskemål och designkriterier gällande arbetsförutsättningarna.

En av informanterna beskriver att en utmaning med automationen är att processerna blir mindre transparenta vilket gör att man har mindre möjlighet att på ett enkelt sätt ta reda på varför något felar. På MAX IV kommer man oftast inte direkt kunna se var felet är, vilket man har kunnat på många ställen på MAX-Lab. Ett exempel som informanten tog upp var ett strömavbrott som inträffade en kort tid innan intervjun med personen genomfördes, där viss diagnostik bara försvann. När strömmen kom tillbaka kunde man inte se vad som skett då loggar hade försvunnit. Informanten argumenterade att mer automatisering inte nödvändigtvis behöver betyda att anläggningen blir säkrare men inte heller tvärt om. *”Jobbar man på ett sådant här ställe vet man att allting kan hända och det man planerar för det är oftast inte det som händer”*. I och med en ökande grad av systemintegration införs även en sårbarhet pga gemensamma och ibland komplexa beroenden. Nya risker uppstår vid täta kopplingar och komplexa sammanlänknings (Perrow, 1984).

# 13. Omfattande dokumentation ger (o)överskådlighet

MAX IV genomgår i skrivande stund övergången till att bli en driftorganisation. Informanter på MAX IV beskriver att saker kommer att vara uppmärkta och det kommer att finnas dokumentation om arbetet och processerna. I uppbyggnaden av MAX IV har en mängd konsulter involverats i arbetet. Exempelvis görs mycket av programmeringen av de nya systemen samt dokumentationen av anlitate konsultstöd. En av informanterna påpekar att det är mycket viktigt med kunskapsöverföring till de personer som ska arbeta i driften så att de får lära sig systemet och får den utbildning som behövs. Denna kunskapsöverföring är en fråga som man idag diskuterar mycket. Under MAX-Labs tid fanns en begränsad planerad kunskapsöverföring. Ofta var det ett forskningsprojekt med doktorander eller forskare som byggde upp ett strålrör. När forskningsprojektet var slut lämnade dessa personer verksamheten och MAX-Lab ”ärvde deras arbete” som ofta inte var så väl dokumenterat.

Även inom ESS menar man att många kommer att lämna projektet när uppbyggnadsfasen är färdig för att flytta till nästa stora projekt med att bygga upp eller bygga om en ny forskningsanläggning. Kunskapsöverföring från dessa personer måste på något vis ske och dokumenteras så att den efterkommande driften förstår valda designlösningar och så att man i framtiden kan köra anläggningen på ett både ändamålsenligt och säkert sätt.

Att samla in och dokumentera mer eller mindre allt, om konstruktion, drift och underhåll, i en samlad databas kan medföra en hög grad av systemanalyserbarhet. Detta beskrivs av en av informanterna som bra då han behöver en överblick över hela maskinen och för sina arbetsuppgifter har stor nytta av denna typ av dokumentation. Han beskriver att det kommer att bli lättare att felsöka i systemen. Samtidigt uppstår ett antal risker med att försöka samla all data. Exempelvis kan en upplevt onödigt stor administrativ belastning medföra dåliga data eller dålig efterlevnad (dvs inga data). Man kan också ifrågasätta om det ens är möjligt att skapa en bild över hela systemet i ett så här pass komplicerat system. Operatörers (och andras) felsökning beror av deras förståelsemodeller av systemen. Med hjälp av abstraktionshierarkier (Rasmussen och Lind, 1981) kan en systematisk uppdelning av helheten i logiskt sammanhängande delar organiseras, både i dokumentation och i människors mentala förståelsemodeller, vilket kan underlätta såväl systemförståelse som navigation i dokumentationen.

Ofta avgränsas system som detta till bara det tekniska systemet, men här vill vi argumentera att det är nödvändigt att titta på hela det sociotekniska systemet, dvs att samspelet mellan människa, teknik, organisation tillsammans bygger upp systemet. Vidare kan också argumenteras som Rasmussen (1997) att systemet även bör förstås utifrån att det innehåller flera lager, allt från lagstiftare ner till de som arbetar ute vid instrumenten.

# 14. Tillfälliga användare – risk eller resurs?

Det är inte möjligt att försäkra sig mot att någon användare gör något olämpligt. En av informanterna på MAX IV beskriver att människor är kreativa. Han menar att besökande forskare har kunskapen att ändra på instrument och experimentuppställning, men att det är sällan de gör förändringar som de inte har tillåtelse till eller något som är farligt för dem själva. Han beskriver några exempel på mindre händelser där forskare under åren gjort saker som han ansåg som olämpligt.

Säkerhetsgruppen på ESRF beskriver att deras mål är att försöka hjälpa användarna som kommer till forskningsanläggningen. I de diskussioner som förs med användarna försöker säkerhetsgruppen vara konstruktiv. Att ha målet att hjälpa forskarna att genomföra säkra experiment hoppas säkerhetsgruppen också leder till att användarna är ärliga i vad de gör. Forskarna ska inte känna att de behöver gå bakom ryggen på säkerhetsgruppen. Samtidigt är det så att i en anläggning med tusentals användare är det omöjligt att veta om någon gör något olämpligt. Vidare beskrivs att strålrörsgруппerna känner till de regler som finns och de vill inte heller att det ska hända saker vid deras strålrör.

Under studiens gång har vi inte hittat några exempel på händelser där någon skadats allvarligt och detta beskrivs också gälla andra anläggningar i världen. Ska detta ses som tur eller ligger det något mer bakom? Carayon et al. (2015) argumenterar att dagens sätt att arbeta med säkerhet där ett relativt stort fokus läggs på individer och att de ska arbeta på ett säkert sätt missar många aspekter av säkerhet och att fokus istället bör läggas på hela det sociotekniska systemet dvs. att spelet mellan människa, teknik, organisation tillsammans bygger upp systemet. Detta kopplar också till diskussionen om mänskligt felhandlande och om kritiken mot detta begrepp. Antonsen et al. (2012) samt Besnard och Hollnagel (2014) beskriver exempelvis att ett och samma beteende kan leda till både rätt och fel i systemen och kanske även rätt på vissa ställen i systemet men fel på andra. Systemen är idag ofta så komplexa att användarna inte har någon möjlighet att veta hur det som de gör påverkar hela systemet. Det ska inte heller glömmas att människan och hennes beteende är huvudresursen för just säkerhet (Antonsen et al., 2012). Detta är den grundläggande idén bakom säkerhet-II-perspektivet där människan ses som en nödvändig resurs för ett systems flexibilitet och resiliens.

# 15. Säkerhetsgranskning av experiment

För att kunna genomföra ett experiment på en forskningsanläggning måste forskare ansöka om stråltid. Ansökningarna genomgår en vetenskaplig granskning vilket resulterar i att forskarna får stråltid eller inte.

Förutom den vetenskapliga granskningen görs också en säkerhetsgranskning. Utfallet av säkerhetsgranskningen leder antingen till att forskarna inte behöver göra något mer ur säkerhetssynpunkt, att de behöver göra en riskanalys till, eller att de blir nekade stråltid. Det senare beskrivs som att det är ytterst sällsynt.

På MAX IV är det ännu inte riktigt klart hur de ska arbeta med säkerhetsgranskningen av experimenten, men det beskrivs att säkerhetsgranskningen av experiment ligger på framför allt två olika roller. Det ena är respektive strålrörsansvarig som bedömer strålrörets egenskaper kontra det föreslagna experimentet. Helt enkelt om experimentet kan göras på ett betryggande sätt i strålrörsmiljön. Den andra rollen har säkerhetsgruppen där det framförallt är kemikalieansvarige som kommer att titta på alla ansökningar.

Inom ESRF är det enheten för experimentsäkerhet inom säkerhetsgruppen som sköter säkerhetsgranskningen. För att kunna arbeta med säkerhetsgranskningar av experiment och klara av de diskussioner som det ibland blir med forskarna behövs stor kompetens i säkerhetsgruppen inom de olika forskningsområdena (t ex kemister och biologer).

Samtidigt som den vetenskapliga granskningen pågår gör denna grupp en screening och delar upp experimenten i tre grupper. En grupp med de experiment som inte alls går att genomföra säkert vilket leder till att experimenten får ett nej. Detta är dock väldigt ovanligt och handlar om i storleksordningen ett experiment om året. Den andra gruppen är experiment där specifika risker hittas och det krävs att en detaljerad riskanalys genomförs. Den tredje gruppen består av experiment som inte medför några risker. De experiment som sedan beviljas stråltid i den vetenskapliga granskningen och där säkerhetsgruppen identifierat att det finns risker blir kontaktade av säkerhetsgruppen för att genomföra en detaljerad riskanalys. Denna måste genomföras innan de kommer till anläggningen. Säkerhetsgruppen utvärderar sedan de analyser forskarna gör. I praktiken beskrivs det som att det ofta blir en iterativ process mellan säkerhetsgruppen och forskarna. Detta arbete leder också till en säkerhetsklassning av experimenten.

När forskarna sedan är på plats på ESRF, men innan experimentet startat upp, måste de formellt signera ett säkerhetsdokument som är baserat på den genomförda riskanalysen. I dokumentet kan det exempelvis stå att en från säkerhetsgruppen måste komma till experimentstationen och kontrollera olika specifika steg under experimentets gång. För de olika experimenten kan det därmed finnas specifika regler för hur olika procedurer ska genomföras.

# 16. Arbetsbelastning, stress, risk

Det är viktigt att studera arbetsbelastning och stress i förhållande till dess potentiella effekter på säkerhet. Både personal och de gästande forskarna bör ha en hållbar och rimlig arbetsbelastning, för att inte äventyra vare sig hälsa, säkerheten eller arbetets kvalitet. Principer för bemanning och arbetstider bör regleras och efterlevas.

## 16.1. Fast personal

Informanter på både MAX IV och ESRF beskriver att många i personalen upplever stress och hög arbetsbelastning. Båda dessa anläggningar planerar och bygger nytt samtidigt som de har ordinarie verksamhet i drift.

På MAX IV beskrivs det som utmanande att både bygga upp det nya laboratoriet och samtidigt hålla igång verksamheten i det befintliga MAX-Lab. Vidare är det ännu osäkert hur organisationen kommer att se ut framöver. Idag finns det många som har temporära anställningar för att hjälpa till i övergångsskedet. Samtidigt beskriver informanter att det inte är något nytt att både driva anläggningen och arbeta med uppbyggnad. Under hela MAX-Labs utveckling har det pågått ny- och ombyggnad. Skillnaden är att det nu med uppbyggandet av MAX IV blir en mycket större förändring än tidigare då det är en helt ny anläggning som håller på att byggas upp.

Även på ESRF beskrivs att det kontinuerligt sker en ny- och ombyggnad av strålrören. ESRF kommer snart även att göra en större ombyggnad av lagringsringen. Det beskrivs som en utmaning att inte missa säkerhetsaspekter i den ordinarie driften när de planerar inför ombyggnaden.

## 16.2. Gästande forskare

Det är svårt att försäkra sig mot att gästande forskare inte arbetar så de blir utmatade och börjar utgöra en säkerhetsrisk. Anläggningarna körs dygnet runt vilket gör att experiment kan pågå dygnet runt. Informanter beskriver att för forskare är experimenttillfället något som de väntat på i kanske mer än ett år vilket gör att man måste få ut så mycket som möjligt av den begränsade tilldelade tiden. Forskarna har självklart fokus på sin forskning och sitt försök. En paus i arbetet kan för vissa innebära att försöket måste startas om. De flesta forskargrupperna ser till att de är så många i gruppen att alla får möjlighet till vila och sömn men det finns undantag. På ESRF beskrivs att i dokumenten står det att forskarna inte ska arbeta för mycket, men i praktiken är det omöjligt att kontrollera. På MAX IV diskuteras idag om de ska ha en regel om att forskargrupperna inte får ha för få personer med sig eller att de ska sätta en begränsning på stråltiden utifrån hur många som finns i forskargruppen.

# 17. Särskilda behov av utbildning och information

En forskningsanläggning är till för att ta emot besökande forskare. I alla tre anläggningarna har eller förväntar man sig en stor variation, av såväl bakgrund och utbildning hos användarna som i utförandet av experimenten. Det är därmed osäkert hur pass väl användarna är utbildade i olika säkerhetsaspekter såsom strålsäkerhet innan de kommer till anläggningen. Detta komplicerar utformningen och genomförande av den säkerhetsutbildning som ges innan forskarna (eller andra aktörer) får arbeta på anläggningarna.

I alla tre anläggningarna använder man sig av (eller planerar att använda sig av) web-baserade utbildningar för de gästande forskarna. Utbildningarna är ofta mycket fokuserade på strålsäkerhet och inte så mycket på t ex gashantering och andra säkerhetsfrågor som i detta projekt framkommit också borde vara en del av utbildningen. Utbildningarna är typiskt uppbyggda genom att deltagarna får läsa igenom ett dokument eller bläddra igenom en power-point presentation för att sedan svara rätt på en eller flera kontrollfrågor. På ESRF är det tydligt att utbildningen är ett krav för att få genomföra experiment då en godkänd utbildning är direkt kopplat till accesskortet på anläggningen.

På ESRF beskrivs att de också har säkerhetsutbildningar för de anställda samt för entreprenörer som ska in och arbeta i anläggningen. Dessa utbildningar hålls av säkerhetsgruppen på plats. Alla utbildningar på ESRF är giltiga i ett år. Sedan måste man gå en uppdateringsutbildning.

På anläggningarna är det en mängd olika aktörer som behöver adekvat information och utbildning för att kunna genomföra sina arbetsuppgifter. Att skapa utbildningar för en bredd av olika behov är en pedagogisk utmaning. Vilka är lärandemålen? Hur ska utbildningarna genomföras? Hur skapas utbildningar som känns meningsfulla för de olika aktörerna? Hur länge ska en utbildning vara giltig?

# 18. Identifierade utmaningar

Nedan listas framträdande utmaningar som framkommit under projektet. Dessa utmaningar bedöms relevanta för utformandet av ledningssystem för säkerhetsarbete i riskfyllda miljöer där en stor del av personalen utgörs av tillfälliga användare från många länder och för utformning av den fysiska miljön och arbetsförutsättningarna i nya högteknologiska miljöer så att anläggningarna blir tillräckligt väl anpassade för både fast personal och tillfälliga användare.

- Kombinationen nybyggnation och samtidig ordinarie drift är en mycket potent källa till risker.
- I uppbyggnaden behövs processer för samordning av strålrörens design, såsom funktionen Beamline Project Office vid MAX IV, t ex för utveckling av gemensam vokabulär, gemensamma verktyg och strävan mot standardisering av säkerhetslösningar.
- Säkerhetsgruppen och inte teknik/serviceavdelningen bör ha kontroll över designen av personliga säkerhetssystemen, PSS. Teknikerna kan istället utföra och testa.
- Att ha en fungerande kunskapsöverföring är centralt vid övergången från projekt- till driftorganisation, t ex kring konstruktion och utformning, så att förståelse för maskinerna bevaras i organisationerna.
- Bemanning helg- och nattetid (jour med operatörer) kan vara nödvändigt både ur driftsynpunkt och säkerhetssynpunkt.
- Synen på säkerhet: Ett i huvudsak fysiskt synsätt med barriärtänk för säkerhet tycks vara förhärskande. Den organisatoriska och sociotekniska synen på säkerhet behövs också (säkerhet-I/säkerhet-II).
- Viktigt med ett bredare säkerhetstänk. Strålsäkerheten är central, men andra aspekter på säkerhet får inte glömmas bort, ofta rörande riskkällor som direkt hanteras av besökande användare.
- Forskningen är i fokus – säkerhetsorganisationen måste tydligt visa på sitt existensberättigande.
- Beakta utformningen av säkerhetschefens och säkerhetspersonalens kompetens och möjlighet till handlingsutrymme (beslutsakt).
- Säkerhetsorganisationens synlighet ute i verksamheten och involvering av all personal i säkerhetsarbetet är viktiga för att skapa och upprätthålla en god säkerhetskultur.
- Standardisering kan vara ett viktigt sätt att harmonisera arbete och system men kan också negativt påverka organisatoriska kvaliteter viktiga för att hantera det okända, såsom flexibilitet.
- Att ha en ansvarig vid varje strålrör eller experimentstation ses som viktigt för säkerheten vid strålröret.
- Det är en utmaning att uppnå samordning och harmonisering av utformningsprinciper för fysisk design då varje strålrör är olika och utvecklas i egna projekt.



- Viktigt att utformningen av det fysiska gränssnittet mot personal och användare eftersträvar konsistens vilket bidrar till god synlighet och principen ”kunskap i världen”.
- Automation har både för- och nackdelar: det minskar mänsklig intervention och arbetsbelastning, men öppnar upp för automationsironier, gör processer mindre transparenta och försvårar felsökning.
- Forskargrupperna får inte ha för få personer med sig till experimentet då det kan leda till för långa arbetsdagar vid experimentet - utmattning utgör en säkerhetsrisk.

# 19. Framtida forskning

I detta kapitel presenteras förslag på framtida forskning.

## 19.1 Utbildning

En stor utmaning för forskningsanläggningar med tillfälliga användare från många länder är att se till att alla som vistas vid och använder anläggningarna har tillräckliga kunskaper och lämpliga attityder för att troliggöra en önskvärd säkerhet. I dagsläget använder dylika anläggningar olika varianter av obligatoriska utbildningar som måste genomgåas av varje enskild användare innan denna får access till faciliteterna. Giltigheten är ofta ett år, innan utbildningen måste tas igen. I detta projekt har många informanter, både från forskningsanläggningarnas sida och användarsidan, uttryckt att nuvarande utbildningar – och de test som ibland hör till – har oklar effekt och ibland även låg trovärdighet.

Det är angeläget att såväl innehåll i som genomförande av dylika utbildningar och tester utformas med god effektivitet och beaktande av pedagogisk kunskap. En studie på detta område kan inledas med en kartläggning av aktuell praktik, inklusive hur den uppfattas av användare.

Liknande förfaranden med utbildningar och tester förekommer även inom kärnkraftsbranschen. Då delar av riskbilden är densamma, med strålning, kan motsvarande kartläggningar göras även där, och fynden jämföras.

Den erhållna empirin kan med hjälp av pedagogisk och didaktisk teori användas för att utforma förslag till mer verksamma och resurseffektiva sätt att organisera och genomföra säkerhetsutbildningar och tester. Resultaten från en sådan studie vore intressanta för såväl forskningsanläggningar som kärnkraftsanläggningar.

## 19.2 Säkerhetskultur

Att arbeta med säkerhetskultur har blivit allt mer efterfrågat inom säkerhetskritiska branscher. Något speciellt med de forskningsanläggningar som studerats här är att en stor mängd av de personer som vistas i anläggningarna och även genomför experiment där endast vistas där en kortare tid. Detta betyder att det är en stor omsättning av de personer som vistas i anläggningen. En relevant fråga är då hur man kan arbeta med säkerhetskulturförådringar för såväl personal som användare. På vilka sätt kan detta arbete utformas? Hur utforma arbetsprocesser för det?

## 19.3 Ledningssystem för säkerhet

Denna studie har tagit ett första steg mot att diskutera ledningssystem för säkerhet i forskningsanläggningar av den aktuella typen. Oavsett i vilken form och med vilken omfattning ett sådant ledningssystem dokumenteras krävs det att det kommuniceras på ett effektivt sätt. Både fast personal och tillfälligt gästande användare måste kunna navigera i informationsmängderna och skaffa sig adekvat förståelse för relevanta delar. Detta väcker frågor om utformning och visualisering. Hur

bör användargränssnittet till ett säkerhetsledningssystem utformas för att användningen och kommunicerandet ska bli gynnsamma?

Svaret på frågan har rimligen ett visst beroende av den aktuella informationsmängdens innehåll. Alltså bör den studeras praktiskt, i en tillämpad kontext. Samtidigt finns även för denna fråga uppenbara möjligheter till samintressen med kärnkraftsbranschen, som har liknande utmaningar med att göra (säkerhets-) ledningssystem användaranpassade.

## 20. Referenser

ANTONSEN, S., SKARHOLT, K. & RINGSTAD, A. J. 2012. The role of standardization in safety management—A case study of a major oil & gas company. *Safety science*, 50, 2001-2009.

BAINBRIDGE, L. 1983. Ironies of automation. *Automatica*, 19, 775-779.

BESNARD, D. & HOLLNAGEL, E. 2014. I want to believe: some myths about the management of industrial safety. *Cognition, technology & work*, 16, 13-23.

BLUMBERG, M. & PRINGLE, C. D. 1982. The missing opportunity in organizational research: Some implications for a theory of work performance. *Academy of management Review*, 7, 560-569.

CARAYON, P., HANCOCK, P., LEVESON, N., NOY, I., SZNELWAR, L. & VAN HOOTEGEM, G. 2015. Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety—developing the conceptual framework. *Ergonomics*, 58, 548-564.

HADDON JR, W. 1973. Energy damage and the ten countermeasure strategies. *Human Factors*, 15, 355-366.

HOLLNAGEL, E. 2014. *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. Farnham, UK: Ashgate.

KLEIN, G. 2008. Naturalistic Decision Making. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50, 456-460.

NORMAN, D. A. 2002. *The design of everyday things*, New York, Basic Books.

PERROW, C. 1984. *Normal accidents*, Princeton University Press.

POWER, M. 1999. *The audit society: Rituals of verification*, OUP Oxford.

RASMUSSEN, J. 1983. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 13, 257-266.

RASMUSSEN, J. & LIND, M. 1981. *Coping with complexity*. Roskilde, Denmark.

RASMUSSEN, J. 1997. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27, 183-213.

REASON, J. 1997. *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot, Ashgate.

ROCHLIN, G.I. 2003. Safety as a social construct: the problem(atique) of agency. In: Summerton, J., Berner, B. (Eds.). Constructing risk and safety in technological practice. London, Routledge, pp. 123-139.

ROYAL SOCIETY, 1992. Risk: Analysis, perception and management. Report of a Royal Society Study Group, London.

WEICK, E. & SUTCLIFFE, K.M. 2007. Managing the unexpected: resilient performance in an age of uncertainty. San Fransisco, Jossye-Bass.



2017:04

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 300 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Swedish Radiation Safety Authority

SE-17116 Stockholm  
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00  
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: [registrator@ssm.se](mailto:registrator@ssm.se)  
Web: [stralsakerhetsmyndigheten.se](http://stralsakerhetsmyndigheten.se)