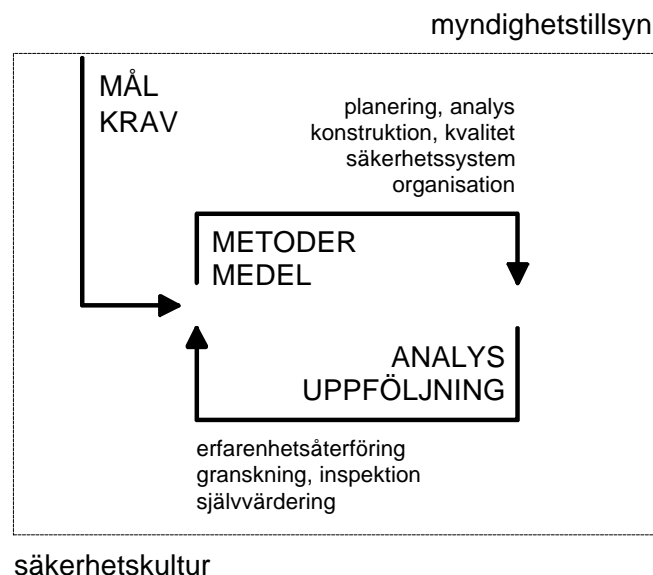


# REAKTORSÄKERHET; En beskrivning och en värdering av säkerhetsarbetet i Norden.

Björn Wahlström<sup>1</sup>, Lars Gunsell<sup>2</sup>

17.3.1998



<sup>1</sup> Statens tekniska forskningscentral

<sup>2</sup> Vattenfall Energisystem AB (sedan 2.3.1998 SKI)

Informationsservice, Risø, 1998

NKS/RAK-1(97)R8  
ISBN 87-7893-035-9

Rapporten er udgivet af:  
NKS-sekretariatet  
Bygning 100  
Postboks 49  
DK-4000 Roskilde

Tlf. +45 4677 4045  
Fax +45 4677 4046  
E-mail [annette.lemmens@risoe.dk](mailto:annette.lemmens@risoe.dk)  
<http://www.risoe.dk/nks>

**NKS/RAK-1(97)R8**

# **REAKTORSÄKERHET;**

## **En beskrivning och en värdering av säkerhetsarbetet i Norden.**

**Björn Wahlström<sup>1</sup>, Lars Gunsell<sup>2</sup>**

17.3.1998

**Resumé:** Föreliggande rapport utgör dokumenteringen av NKS/RAK-1.1. Projektet är en del av det samnordiska forskningsprogrammet inom kärnkraftsäkerhet som har löpt under åren 1994-97. Rapporten sammanfattar på ett övergripande sätt säkerhetsarbetet, dess delar och hur delarna förhåller sig till varandra. Rapporten pekar ut sådana delar av säkerhetsarbetet, som är viktiga för helheten. Rapporten skall kunna användas som ett stöd för att värdera säkerhetsrelaterade aktiviteter på kärnkraftverken och hos myndigheterna. Nya personer i branschen skall kunna använda rapporten för att sätta sig in i hur säkerhetsarbetet bedrivs både på en mera övergripande och på en detaljnivå. Författarna hoppas att rapporten skall vara av intresse också för personer i andra branscher som är engagerade i säkerhetskritisk verksamhet. En tekniskt intresserad lekman bör genom rapporten kunna få en inblick i kärnkraftbranschens säkerhetstänkande.

---

<sup>1</sup> Statens tekniska forskningscentral, VTT Automation, PB 1301, FIN-02044 VTT (Esbo), Finland

<sup>2</sup> Vattenfall Energisystem AB, Box 528, S-16216 Stockholm, Sverige (sedan 2.3.1998 SKI)



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

EXECUTIVE SUMMARY .....	9
BAKGRUND.....	11
ETT ERKÄNNANDE .....	11
1. INLEDNING .....	12
1.1 Det nordiska samarbetet.....	12
1.2 Projektets mål .....	12
1.3 Relation till annat arbete .....	13
1.4 Säkerhetsarbetets innehåll.....	14
1.5 Projektets metod .....	14
1.6 Projektets resultat .....	15
1.7 Hur rapporten skall läsas .....	16
1.8 Rapportens uppläggning .....	16
2. KÄRNKRAFTEN I NORDEN.....	17
2.1 Den historiska bakgrunden .....	17
2.1.1 Säkerhetstänkandet .....	17
2.1.2 Danmark .....	18
2.1.3 Finland.....	18
2.1.4 Norge .....	19
2.1.5 Sverige.....	19
2.2 Kärnkraftens ställning i Finland och Sverige.....	19
2.2.1 Att ha en egen leverantör .....	19
2.2.2 Folkomröstningen i Sverige .....	21
2.2.3 Det femte kärnkraftsaggregatet i Finland .....	22
2.2.4 Kärnkraftens framtidsutsikter .....	22
2.3 Kärnkraftsverken i Finland och Sverige .....	22
2.3.1 Barsebäck .....	23
2.3.2 Forsmark.....	23
2.3.3 Lovisa .....	23
2.3.4 Olkiluoto.....	24
2.3.5 Oskarshamn.....	24
2.3.6 Ringhals.....	25
2.4 Myndighetsarbetet i Finland och Sverige .....	25
2.4.1 Tillsynsfilosofin.....	25
2.4.2 Lagstiftningen.....	25
2.4.3 Tillståndsförfarandet.....	26
2.4.4 Speciella beslut .....	27
2.4.5 Myndigheternas befogenheter.....	28
2.4.6 YVL-guiderna.....	28
2.4.7 Föreskriftsarbete i Sverige .....	29
2.4.8 Säkerhetsgranskning .....	29
2.4.9 Inspektionsarbetet.....	29
2.4.10 Rapportering .....	30
2.4.11 Det praktiska myndighetsarbetet .....	31
2.5 Andra aktörer inom branschen.....	31
2.5.1 Ministerierna .....	31
2.5.2 Högskolor och universitet .....	32
2.5.3 Tekniska stödorganisationer .....	32
2.5.4 Leverantörer och andra företag .....	33
2.5.5 Samarbetsorgan .....	33
2.5.6 Internationella organisationer .....	34
2.6 En jämförelse mellan Finland och Sverige .....	34
2.6.1 Likheter.....	34
2.6.2 Olikheter .....	34
2.6.3 Några kulturförankrade skillnader .....	35
2.7 Några förändringsprocesser .....	35
2.7.1 En avreglerad elmarknad .....	35
2.7.2 Avvecklingen av kärnkraften i Sverige.....	36
2.7.3 Samhällets inställning till kärnkraft .....	36
2.7.4 Förändringar i samhället.....	37

<b>3. KÄRNKRAFTENS RISKER OCH KRAVEN PÅ SÄKERHET</b> .....	<b>38</b>
3.1 Hantering av hot och risker .....	38
3.1.1 Kärnkraftens hotbilder .....	38
3.1.2 Vad menas med risk .....	38
3.1.3 Ett förhållande till risker .....	39
3.1.4 Hur man kan hantera risker .....	40
3.1.5 Riskkommunikation .....	41
3.1.6 Samhällets beslutsprocesser .....	41
3.2 Samhällets säkerhetsmål .....	41
3.2.1 Lagar och förordningar .....	41
3.2.2 Regelverk .....	42
3.2.3 Hur reglerna tillämpas .....	42
3.2.4 Ett internationellt samförstånd .....	43
3.3 Grundläggande säkerhetsmål och -principer .....	43
3.3.1 Samspel mellan mål och principer .....	43
3.3.2 Deterministiska säkerhetskrav .....	44
3.3.3 Djupförsvär .....	44
3.3.4 Konstruktionsstyrande haverier .....	44
3.3.5 Redundans, separation och diversitet .....	45
3.3.6 Konservatism, marginaler och robusthet .....	46
3.3.7 Rådruksregeln .....	47
3.3.8 Probabilistiska säkerhetsmål .....	47
3.3.9 En kontinuerlig förbättring av säkerheten .....	48
3.4 Hur organisationer hanterar mål .....	48
3.4.1 Målstyrning i företag .....	48
3.4.2 Säkerhet och ekonomi .....	48
3.4.3 Ansvar och befogenheter .....	49
3.4.4 Flera samtidiga mål .....	49
3.5 Kärnkraften i ett större sammanhang .....	49
3.5.1 Säkerhet och ekonomi .....	49
3.5.2 Arbete, kapital och naturresurser .....	50
3.5.3 Samhället .....	50
3.6 Kontakter till allmänheten .....	51
3.6.1 Att förklara kärnkraftsäkerhet .....	51
3.6.2 Förtroende och tillit .....	51
3.6.3 Politiker och beslutsfattare .....	52
<b>4. KONSTRUKTION FÖR SÄKERHET</b> .....	<b>52</b>
4.1 Systematisk planeringsverksamhet .....	52
4.1.1 Strategisk planering .....	52
4.1.2 Konstruktionsprocessen .....	53
4.1.3 Driftplanering .....	54
4.1.4 Revisionsperioderna .....	55
4.1.5 Linje- och projektorganisation .....	55
4.2 Säkerhetens byggstenar .....	56
4.2.1 Barriärer och djupförsvär .....	56
4.2.2 Säkerhetssystem .....	56
4.2.3 Konsekvenslindrande system .....	57
4.2.4 Haveriberedskap .....	57
4.2.5 Fysiskt skydd .....	58
4.3 Säkerhetsanalys .....	59
4.3.1 Säkerhetsanalysens syfte och verktyg .....	59
4.3.2 Deterministisk säkerhetsanalys .....	59
4.3.3 Experimentell validering .....	60
4.3.4 Probabilistisk säkerhetsanalys .....	61
4.4 Konstruktions- och driftförutsättningar .....	62
4.4.1 Standarder inom kärnkraftområdet .....	62
4.4.2 Klassning .....	62
4.4.3 Miljökvalificering .....	63
4.4.4 Säkerhetstekniska föreskrifter .....	63
4.5 Kvalitetssystem .....	63
4.5.1 Grunderna för kvalitetstänkandet .....	63
4.5.2 Kvalitetssystemet i praktiken .....	64
4.5.3 Verifiering och validering .....	64
4.5.4 Organisationshandböcker och befattningsbeskrivningar .....	66
4.5.5 Systemet med arbetsorder och arbetstillstånd .....	66

4.5.6 Driftklarhetsverifiering .....	67
<b>4.6 Dokumentationen.....</b>	<b>67</b>
4.6.1 Dokumentationens plats i säkerhetsarbetet .....	67
4.6.2 Beteckningssystemet.....	67
4.6.3 PI-ritningar och systembeskrivningar .....	67
4.6.4 Dokumenthantering och arkiveringsförfarande .....	68
<b>4.7 Människan och organisationen.....</b>	<b>68</b>
4.7.1 Individen.....	68
4.7.2 Mänskligt felhandlande .....	69
4.7.3 Organisationen.....	69
4.7.4 Formella rutiner och informell praxis .....	70
4.7.5 Kontrollrummet .....	70
4.7.6 Driftinstruktioner .....	71
4.7.7 Operatörsutbildning .....	72
4.7.8 Säkerhetskultur .....	72
<b>5. HUR SÄKERHETEN BIBEHÅLLS OCH UTVECKLAS.....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Hot mot säkerheten .....</b>	<b>73</b>
5.1.1 Icke upptäckta brister.....	73
5.1.2 Åldringsmekanismer.....	74
5.1.3 Hur brister kan upptäckas och åtgärdas .....	75
<b>5.2 Kontrollverksamheten.....</b>	<b>75</b>
5.2.1 Säkerhetsgranskningar.....	75
5.2.2 Myndighetstillsynen .....	76
5.2.3 Fristående och oberoende granskning .....	76
5.2.4 Säkerhetsgranskningar på kraftverken .....	77
5.2.5 Testförfarandet.....	77
<b>5.3 Erfarenhetsåterföring .....</b>	<b>78</b>
5.3.1 Insamling och analys av drifterfarenhet.....	78
5.3.2 Rapportering av händelser .....	78
5.3.3 Internationell rapportering .....	79
5.3.4 Datainsamling från driftstörningar.....	80
5.3.5 Analys av händelser.....	80
5.3.6 Riskuppföljning .....	81
5.3.7 Säkerhetsindikatorer .....	81
5.3.8 Hur säkerställa en god rapporteringskultur .....	81
<b>5.4 Andra källor för erfarenhet .....</b>	<b>82</b>
5.4.1 Forskningsverksamhet .....	82
5.4.2 Internationellt samarbete.....	82
5.4.3 Kontakter till andra branscher.....	83
<b>5.5 Organisationsutveckling .....</b>	<b>83</b>
5.5.1 Organisationsmönstringar.....	83
5.5.2 Organisationsförändringar .....	84
5.5.3 Organisatoriska brister.....	84
5.5.4 Mönstringsmetoder .....	85
5.5.5 Kärnkraftverkens interna mönstringar .....	85
5.5.6 Internationella mönstringar.....	86
5.5.7 Mönstringar som en del av ledningsarbetet .....	86
<b>5.6 Underhåll och ändringar .....</b>	<b>87</b>
5.6.1 Underhållsverksamhet .....	87
5.6.2 Ändringar och moderniseringar .....	87
5.6.3 Nya teknologiska möjligheter .....	88
<b>6. EN MODELL AV SÄKERHETSARBETET.....</b>	<b>89</b>
<b>6.1 En ansats till en karta över säkerhetsarbetet .....</b>	<b>89</b>
6.1.1 Varför en karta.....	89
6.1.2 Några begrepp.....	90
6.1.3 Modeller .....	91
6.1.4 Styrning av system.....	91
6.1.5 Säkerhetsarbetets två komponenter.....	92
6.1.6 Organisationen sedd som ett styrsystem .....	93
6.1.7 Barriärer.....	94
6.1.8 En metamodel av säkerhetsarbetet.....	95
<b>6.2 Säkerhetsarbetets grundprinciper.....</b>	<b>96</b>
6.2.1 Hur säkerhetsarbetet organiseras .....	96
6.2.2 Systematisk planering .....	97
6.2.3 Beskrivningar och modeller .....	99
6.2.4 Informationshantering.....	100

6.2.5 Erfarenhetsåterföring .....	101
6.2.6 Hur prioritera olika komponenter av säkerhetsarbetet .....	102
<b>6.3 Hur modellen kan användas i granskningsprocessen .....</b>	<b>103</b>
6.3.1 En validering av modellen .....	103
6.3.2 Är alla delar intäckta .....	104
6.3.3 Hur fungerar delarna .....	104
6.3.4 Hur samverkar delarna .....	105
6.3.5 Hur är säkerhetsarbetet dokumenterat .....	105
<b>6.4 Några exempel på hur modellen kan användas .....</b>	<b>105</b>
6.4.1 Konstruktionsprocessen .....	105
6.4.2 Säkerhetsanalyserna .....	107
6.4.3 Erfarenhetsåterföring .....	108
6.4.4 Granskningsverksamheten .....	108
6.4.5 Ändrings- och moderniseringsarbetet .....	109
6.4.6 Återkommande säkerhetsanalyser .....	109
<b>6.5 Begreppsmodeller .....</b>	<b>110</b>
6.5.1 Varför begreppsmodeller .....	110
6.5.2 Objekt, klasser och relationer .....	111
6.5.3 En ansats till en begreppsmodell .....	111
6.5.4 Datoriserad vertyg som stöd i säkerhetsarbetet .....	112
<b>7. NÅGRA AKTIVITETER SOM STUDERATS .....</b>	<b>112</b>
<b>7.1 En bakgrund för aktiviteterna .....</b>	<b>112</b>
7.1.1 Kriterier för val av aktiviteter .....	112
7.1.2 Förläggningsplatserna .....	113
7.1.3 Hur aktiviteterna organiserats .....	113
7.1.4 En ökad bolagisering .....	114
7.1.5 Några organisatoriska lösningar .....	114
7.1.6 En ökad konkurrens .....	115
<b>7.2 Säkerhetsanalys .....</b>	<b>115</b>
7.2.1 Säkerhetsanalyserna på kärnkraftverken .....	115
7.2.2 Hur en PSA görs .....	116
7.2.3 En levande PSA .....	117
7.2.4 En omvärdering av PSAn .....	117
7.2.5 Säkerhetsanalysens kopplingar till andra aktiviteter .....	118
7.2.6 En fortsatt utveckling av säkerhetsanalysen .....	118
<b>7.3 Erfarenhetsåterföring .....</b>	<b>119</b>
7.3.1 En målsättning .....	119
7.3.2 Kraftverkens erfarenhetsåterföring .....	120
7.3.3 Olika aktörer .....	121
7.3.4 Att omsätta erfarenheter i praktiken .....	121
7.3.5 En effektiv erfarenhetsåterföring .....	122
<b>7.4 Granskningsverksamheten .....</b>	<b>122</b>
7.4.1 Några av granskningsverksamhetens problem .....	122
7.4.2 Hur kraftverken sköter granskningsverksamheten .....	123
7.4.3 Myndighetsgranskningen .....	123
7.4.4 Vad man kan kräva av granskningsverksamheten .....	124
<b>7.5 Ändringar, renovering och moderniseringar .....</b>	<b>124</b>
7.5.1 Ändringsverksamheten .....	124
7.5.2 Hanteringen av ändringar .....	125
7.5.3 Genomförda moderniseringar .....	126
7.5.4 Planerade moderniseringar .....	127
7.5.5 En utveckling av kravbilden .....	127
7.5.6 Ändringsarbetet i framtiden .....	128
<b>7.6 Myndighetstillsynen .....</b>	<b>128</b>
7.6.1 Kontakterna mellan kraftbolag och myndighet .....	128
7.6.2 Myndighetsarbetets dilemma .....	129
7.6.3 Vad kännetecknar en bra myndighet .....	129
<b>7.7 Hur säkerhetsarbetet kan utvecklas .....</b>	<b>130</b>
7.7.1 Interaktionen mellan olika aktiviteter .....	130
7.7.2 Konstruktionens roll .....	130
7.7.3 En framförhållning .....	131
7.7.4 MTO frågor .....	131
7.7.5 En utveckling av kompetensen .....	132
<b>8. NÅGRA FALL I ETT STÖRRE SAMMANHANG .....</b>	<b>132</b>
8.1 Fall som en illustration av säkerhetsarbetet .....	132



8.1.1	Vad som menas med fall.....	132
8.1.2	Bakgrunden till de fall som valdes.....	133
8.2	Branden på TVO den 12.4.1991 .....	133
8.2.1	Händelsen i korta drag .....	133
8.2.2	Hur händelsen hanterades på TVO .....	133
8.2.3	Hur händelsen reflekterades på de andra kraftverken .....	134
8.2.4	Hur myndigheterna hanterade händelsen .....	134
8.2.5	En diskussion om fallet.....	134
8.3	Felställda säkerhetsventiler i Ringhals.....	135
8.3.1	Händelsen i korta drag .....	135
8.3.2	Hur händelsen hanterades i Ringhals.....	135
8.3.3	Hur händelsen reflekterades på de andra kraftverken .....	136
8.3.4	Hur myndigheterna hanterade händelsen .....	136
8.3.5	En diskussion om fallet.....	136
8.4	Moderniseringen av Oskarshamn 1.....	137
8.4.1	Bakgrunden till moderniseringsprojektet.....	137
8.4.2	Hur projektet hanterats i Oskarshamn .....	137
8.4.3	Användningen av PSA analys i projektet.....	138
8.4.4	Hur projektet reflekterats på de andra kraftverken.....	138
8.4.5	Hur myndigheterna har förhållit sig till projektet .....	138
8.4.6	En diskussion om fallet.....	138
8.5	Silärendet i Sverige.....	139
8.5.1	Valet av fallet.....	139
8.5.2	Händelsen i korta drag .....	139
8.5.3	En diskussion om fallet.....	140
8.5.4	Några lärdomar .....	142
8.5.5	Hur händelsen hanterades internationellt .....	143
8.6	En övergripande analys av fallen .....	143
8.6.1	Några grundorsaker .....	143
8.6.2	Brister i barriärer och kontrollmekanismer.....	144
8.6.3	Brister i kommunikation.....	144
8.6.4	Ett svar vid händelser .....	145
8.6.5	Att förebygga händelser.....	145
8.6.6	Fallen som en illustration av en säkerhetskultur .....	146
9.	IAKTTAGELSER, VÄRDERINGAR OCH SLUTSATSER.....	146
9.1	En värderingsmodell.....	146
9.1.1	Ett sätt att värdera säkerhetsarbetet .....	146
9.1.2	Jämförelser med internationell praxis .....	147
9.1.3	Svårigheten med värderingar .....	147
9.1.4	Iakttagelser, analys och en värdering .....	148
9.1.5	Studiens metod .....	148
9.2	Några iakttagelser utgående från modellen.....	149
9.2.1	Säkerhetsarbetet bör ha tydliga mål .....	149
9.2.2	Det skall finnas en balans mellan ansvar och befogenheter .....	149
9.2.3	Framförhållningen måste säkerställas .....	150
9.2.4	En förståelse för helheten bör utvecklas .....	150
9.2.5	En fortsatt satsning på informationssystem behövs .....	151
9.2.6	Efarenhetsåterföringen har blivit bättre .....	151
9.2.7	Säkerhetsarbetet måste få tillräckligt med resurser.....	152
9.3	Några skillnader i syn och praxis.....	152
9.3.1	Ett historiskt skeende.....	152
9.3.2	Den politiska inställningen till kärnkraft .....	153
9.3.3	Myndighetstillsynen .....	153
9.3.4	Säkerhetsarbetet på kraftverken.....	154
9.3.5	MTO-arbetet.....	154
9.4	Slutsatser.....	154
9.4.1	Säkerhetsarbetet täcker väsentliga frågor.....	154
9.4.2	Resurserna kunde användas bättre.....	155
9.4.3	Bättre kontakter mellan aktiviteterna behövs.....	155
9.5	Rekommendationer.....	156
9.5.1	Decentralisera insiktsfullt .....	156
9.5.2	Öppenhet behövs för att lära av erfarenhet .....	157
9.5.3	Fortsätt att utveckla säkerhetsarbetet .....	157
10.	INFÖR FRAMTIDEN .....	158
	Förkortningar .....	159

Några definitioner .....	162
Referenser .....	165
 BILAGA A .....	 167

## EXECUTIVE SUMMARY

The report gives a description of safety activities in the nuclear power industry. The study has been carried out as a part of the four year programme in Nordic Safety Research (NKS) which was completed in 1997. The objective of the NKS/RAK-1.1 project "A survey and an evaluation of safety activities in nuclear power" was to make a broad description of various activities important for safety and to make an assessment of their efficiency. A special consideration was placed on a comparison of practices in Finland and Sweden and between the nuclear utilities. The study has been divided into two parts, one theoretical part in which a model of the relationships between various activities important for safety has been built and one practical part where a total of 62 persons have been interviewed at the authorities, the nuclear utilities and one reactor vendor.

To restrict the amount of work two activities, safety analysis and experience feedback, were selected. A few cases connected to incidents at the nuclear power plants were discussed in more detail. The cases were investigated not in their own right, but to provide examples of the interactions between the authority and the nuclear utilities both in the collection of experience and in putting this experience into operation. A special consideration has been directed to issues connected to organisation and management.

The report has been structured around a simple model of nuclear safety consisting of the concepts of *goals*, *means* and *outcomes*. This model illustrates the importance of goal formulation, systematic planning and feedback of operational experience as major components in nuclear safety. The concepts have been further broken down into six basic principles important for an efficient management of safety. The first is the organisation and its allocation of responsibility and authority. The second is the systematic planning with a conscious choice of the best available methods for analysing and prediction of the achieved safety level. The third component is the concepts and models to be used both in the planning and the communication of safety. The fourth is connected to the information system and its efficiency to support search for crucial information in all operational situations. The fifth component is feedback of experience with sub-components of organisational learning and willingness to improve. The last component is connected to the setting of priorities which will require quantitative models of costs and benefits together with appropriate decision rules.

The safety activities in Finland and Sweden are organised in fairly similar ways. There are however also differences mainly in the regulatory framework. In Finland the authority has selected to develop its own set of detailed requirements, but in Sweden the licensing is based mainly on American rule-making. The Finnish YVL-guides are originally based on American rules, but the regulation has been rewritten and is continuously updated to reflect new requirements. The Finnish operational licenses have been restricted in time which is not typical in Sweden. The authority in Finland has more resources in proportion to the size of the national nuclear programme than in Sweden. One large difference between Finland and Sweden is the political situation with regard to nuclear power. Sweden has set the year 2010 as a target for phasing out all nuclear power plants, but in Finland it is still a possibility that new nuclear plants will be built.

The interviews brought a considerable amount of information on practices at the plants and at the authorities. One evident observation from the interviews was that people were very open. There was no hesitation to speak up also on sensitive issues. This finding demonstrates the components of nuclear safety; there is no restriction in the flow of information and people are eager to learn from experience. The power utilities in Finland and Sweden have entered into very ambitious modernisation programs for their nuclear power plants. In Sweden this has been done in spite of the threat of phasing out nuclear power. In Finland the modernisation's have been connected to an increase in the rated power output from the plants.

In assessing organisation and management at the authorities and the power utilities there is a clear trend of decentralisation and delegation of authority. This trend is supportable for two reasons. Firstly, the plants and the safety precautions are that complicated, that there is no possibility for an autocratic organisation to maintain the understanding and control of the plant and its organisation. Secondly only responsibility and authority can ensure the necessary commitment and motivation by the staff. There are however also drawbacks with distributed organisations in that respect that it is more difficult to get guidance in difficult decision making situations. One recommendation from the report is to engage in further research in this respect.

The general impression from the study is that the safety activities in Finland and Sweden are efficient and well targeted. The experience from the methodology is favourable and the comparison of practices gives a good ground for a discussion of contents and targeting of safety activities. The interviews form an efficient way of rapidly collecting an impression of a certain organisation. The interviews should however be followed up by more detailed studies if there are indications of some specific problems.

## **BAKGRUND**

Föreliggande rapport beskriver säkerhetsarbetet inom kärnkraftområdet. Rapporten ger en översikt över aktiviteter och funktioner, som är viktiga för att uppnå en hög säkerhet. Rapporten bygger på intervjuer och diskussioner, som har genomförts med centralt placerade personer inom kraftföretagen och myndigheterna. Intervjuer har också genomförts hos ABB Atom.

Rapporten är främst tänkt att kunna ge folk inom kärnkraftbranschen en översikt av säkerhetsarbetet och dess delar samt hur delarna står i relation till varandra. En sådan översikt skall kunna anpassa säkerhetsgranskningar för olika behov och sätta dem i sammanhang. Författarna har också tänkt att rapporten skall kunna användas av personer utanför branschen, som av olika orsaker vill bilda sig en helhetsbild av kärnkraftens säkerhetsarbete.

Författarna, övriga projektdeltagare och medverkande i intervjuer och diskussioner har förankring i både finländsk och svensk kärnkraftkultur och representerar olika funktioner inom kraftbolag, myndigheter och tillverkare. Rapporten har därigenom fått en bred täckning av kärnkraftområdet även om författarnas personliga erfarenheter har haft ett inflytande på rapportens innehåll och form. Avsnittet 8.5 har ursprungligen skrivits av Kjell Gustavsson på Sydkraft Konsult och hans text har här förkortats något.

## **ETT ERKÄNNANDE**

Författarna vill i detta sammanhang speciellt tacka NKS/RAK-1.1 projektets referensgrupp Kjell Andersson, Louise Dahlerup, Markku Friberg, Lennart Hammar, Ola Hernvall, Göran Larsson, Bo Liwång, Lasse Reiman, Carl Rollenhagen, Egil Stokke och Teuvo Tinell för deras insats. Värdefulla kommentarer har dessutom erhållits av Olle Andersson, Lasse Mattila, Anders Palmgren, Bjarne Regnell och Helge Smidt-Olsen. Utöver dessa som på så sätt har varit direkt involverade, vill författarna även tacka alla dem som har ställt upp för intervjuerna hos ABB Atom, BKAB, FKA, IVO, OKG, TVO, Vattenfall Ringhalsverket, SKI och STUK. Diskussionerna har varit mycket givande och utan Er insats skulle denna rapport aldrig ha kunnat skrivas. Ett hjärtligt tack till alla som har bidragit.

# 1. INLEDNING

## 1.1 Det nordiska samarbetet

Ett fruktbart nordiskt samarbete inom kärnkraftsäkerhetsområdet har pågått redan länge. I slutet av 1970-talet startades det första forskningsprogrammet, som sedan har följts upp av flera liknande program. Det nu pågående programmet löper under åren 1994–1997 och innehåller totalt åtta projekt. Forskningsprogrammet koordineras av NKS som är sammansatt av experter från Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige.<sup>1</sup>

Inom reaktorsäkerhetsområdet startades två projekt NKS/RAK-1 "Strategi för reaktor-säkerhet" och NKS/RAK-2 "Säkerhet mot utsläpp vid reaktorhaverier".<sup>2 3</sup> Målet för NKS/RAK-1 var att utreda hur en tillräcklig säkerhetsnivå kan uppnås i den praktiska verksamheten och vilka krav säkerheten ställer på strategier och metoder som används. För att nå dessa övergripande mål har inom NKS/RAK-1 totalt drivits fem delprojekt av vilka det första "Kartläggning och värdering av säkerhetsarbetet" avrapporteras i föreliggande rapport.

NKS har under åren haft en mycket viktig roll i nordiska kärnkraftsammanhang. De olika forskningsprojekten har förmedlat och levandegjort kontakter mellan experter i de nordiska länderna. Genom arbetet har man både nationellt och internationellt kunnat föra fram en koordinerad syn på viktiga frågor. Många av de projekt som drivits i en nordisk regi har väckt internationell uppmärksamhet och de har hjälpt till med att etablera värdefulla kontakter. Det har visat sig värdefullt att i ett auktoritativt nordiskt sammanhang kunna beskriva hur kärnkraftens säkerhetsarbete fungerar.

## 1.2 Projektets mål

Projektets mål var att på ett övergripande sätt kartlägga och analysera säkerhetsarbetet för att identifiera områden där det finns brister samt bedöma effektiviteten av säkerhetsarbetet särskilt på områden med stor betydelse för säkerheten. Man var också intresserad av hur väl balanserat säkerhetsarbetet är och att få indikationer om områden där man kanske gör ett onödigt arbete.

Projektets huvudfrågor kan sammanfattas på följande sätt:

- Täcker säkerhetsarbetet alla väsentliga frågor som påverkar säkerheten?
- Används resurserna på ett balanserat sätt och är utvecklingen av säkerhetsarbetet rätt prioriterad?
- Är man inom de olika aktiviteterna medveten om vilken roll de spelar i det totala säkerhetsarbetet? Ställer man rätt frågor? Leder svaren till rätt typ av åtgärder? Är arbetet inom de olika säkerhetsaktiviteterna effektivt?

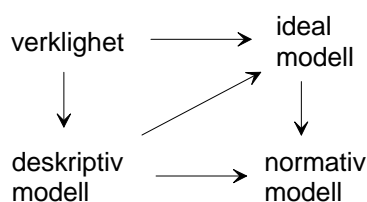
En underliggande målsättning för NKS/RAK-1.1 arbetet har varit att utveckla en metodik, med vilken man kan studera organisationer på vilka man ställer mycket höga säkerhetskrav. Målet var att bygga upp en strukturerad helhetssyn, eller ett slags *karta*

över säkerhetsarbetet. Begreppet karta är här att tolka som en metafor för en modell av säkerhetsarbetet som hjälper att se både helhet och detaljer. Kartan var tänkt att beskriva hur helheten och enskilda aktiviteter tillsammans bidrar till en hög säkerhet.

### 1.3 Relation till annat arbete

Organisation och ledning på kärnkraftverken har en viktig inverkan på säkerheten. Denna insikt har också formulerats i begreppet *säkerhetskultur*, som lanserats av IAEA. IAEA står också till tjänst med olika helhetsvärderingar av säkerhetsarbetet. Andra ransknings görs rutinmässigt både av myndigheterna och som en del av kraftbolagens verksamhet. I Finland görs en mycket detaljerad analys och bedömning av säkerheten i samband med att drifttillstånden för kraftverken förnyas. I Sverige gör man regelbundet återkommande helhetsbedömningar av säkerhet i ASAR-arbetet.

Det sätt som föreliggande projekt skiljer sig från tidigare nämnda aktiviteter, är att man i ett forskningsprojekt istället för att utgå från en bestämd redan fastslagen modell för att göra värderingarna, försöker se hur nya modeller kan skapas och hur olika dessa samverkar till att ge en helhetsbild av säkerhetsarbetet. Man talar ibland om en deskriptiv modell som beskriver verkligheten och en normativ modell man granskar mot. Eftersom man i projektet också ville ifrågasätta denna modell kom man att söka något slag av ideal modell som i ett senare skede hjälper att formulera den normativa modellen (Figur 1.). För att kunna göra detta behövs en mera övergripande modell, en metamodell, som beskriver hur olika modeller hänger samman, vilka principer de bygger på och hur de byggs upp. Meningen är således att skapa en bättre integrerad och en mera överskådlig bild av säkerhetsarbetet. I praktiken kommer denna bild att bestå av flera modeller som hänger samman i en logisk struktur som gör det möjligt att för varje ändamål välja den mest lämpliga. Dessa modeller skall också kunna användas för att spegla olika tidsperspektiv, så att man kan styra aktiviteterna strategiskt, taktiskt och operativt.



**Figur 1** En beskrivning av verkligheten används för att bygga upp en deskriptiv modell. Denna och en ideal modell ligger som grund för en normativ modell som används för att granska säkerhetsarbetet.

Ett värde ligger i att man dokumenterar den historiska process genom vilken säkerhetsarbetet vuxit fram. En historisk förankring gör det lättare att förstå den praxis man använder sig av idag. Det börjar också vara viktigt att dokumentera denna historiska process, eftersom man i kärnkraftsbranschen står inför en generationsväxling. Genom att

man ser till likheter och olikheter har man lättare att se hur de olika aktiviteterna står i relation till varandra och göra en helhetsbedömning.

## 1.4 Säkerhetsarbetets innehåll

Med säkerhetsarbetet menas i detta sammanhang alla de aktiviteter, både hos myndighet och kraftbolag, som dels avser att förhindra olyckor vid kärnkraftverk och dels lindra konsekvenserna om sådana trots allt inträffar. I säkerhetsarbetet ingår således olika aktiviteter såsom konstruktionsanalys, säkerhetsanalys, systematisk erfarenhetsåterföring, säkerhetsgranskningar, kvalitetskontroll, periodiska test, återkommande prov, inspektion, analys av inträffade händelser, urval och utbildning av personal, osv. Meningen är att dessa aktiviteter tillsammans med anläggningens tekniska konstruktion skall ge en heltäckande säkerhet. Ett effektivt säkerhetsarbete kännetecknas av att olyckor och incidenter kan undvikas. Det praktiska säkerhetsarbetet på kärnkraftanläggningarna går således ut på att se till att alla aktiviteter som påverkar säkerheten utförs ändamålsenligt och effektivt.

Många personer på kraftverken och hos myndigheterna bidrar till säkerhetsarbetet. Deras egen uppfattning om säkerhetsarbetets innehåll och syftet med de olika aktiviteterna ger bidrag till säkerhetsarbetets kvalitet och effektivitet. Endast en tillräckligt nyanserad uppfattning om vilka komponenter i säkerhetsarbetet som är viktiga och hur dessa beror av varandra kan ge lyhörddhet för säkerhetens krav.

En av de viktigaste komponenten i säkerhetsarbetet är att lära av erfarenhet. Man måste systematiskt samla in, analysera och reagera på drifterfarenhet både från det egna verket och från andra kärnkraftverk ute i världen. Man talar i detta sammanhang ofta om en lärande organisation. I denna strävan efter förbättring kunde man kanske vänta sig en likriktning mot en god lösning eller ett bra sätt. Så är det inte. Redan det att stationerna använder sig av olika teknik och det att de drivs av olika personer i olika miljöer, gör att man måste anpassa aktiviteter och funktioner till dessa olikheter. Genom att jämföra hur säkerhetsarbetet genomförs på två kraftverk eller av två myndigheter kan man få en uppfattning om likheter och olikheter. Olikheterna hjälper att se fördelar och nackdelar med olika praxis.

## 1.5 Projektets metod

Material för arbetet samlades i intervjuer och diskussioner med personer i säkerhetsarbetet både inom industrin och säkerhetsmyndigheterna. Vid intervjuerna och diskussionerna koncentrerade man sig särskilt på sådana områden, där det finns skillnader i praxis mellan olika kraftverk och mellan Finland och Sverige. Tanken var att dessa skillnader hjälper till att se sambanden mellan aktiviteter samt *hur* och *varför* de uppstått. En preliminär version av kartan användes för att styra intervjuerna och diskussionerna och olika komponenter fogades till under arbetets gång. För att begränsa arbetets omfång och för att göra intervjuerna mera konkreta valdes ett begränsat antal *aktiviteter* och *fall* för en mera detaljerad analys.



Intervjuformuläret fick en underliggande struktur som syftade till att utreda hur man i olika aktiviteter hanterar begreppen mål, medel och utfall (jfr. kapitel 6.1). Intervjuerna genomfördes med 5-10 personer på alla kraftverk i Finland och Sverige och hos SKI och STUK. Dessutom intervjuades 7 personer på ABB Atom. Totalt intervjuades 62 personer. Intervjuer började med en inledning för att ge bakgrund till de andra frågorna som var strukturerade runt valda aktiviteter och fall. Intervjuerna avslutades med några allmänna frågor och varade ungefär en och en halv timme. Alla intervjuer bandades. Minnesanteckningar och band användes för att sammanställa en utförlig, men inte ordagrann utskrift. Denna utskrift användes för att sammanställa ett memorandum som sammanfattade svaren. Från intervjuerna samlades synpunkter och rekommendationer de har under arbetets gång har byggts ut till de mera detaljerade beskrivning av säkerhetsarbetet som ingår i denna rapport. Den frågelista som användes vid intervjuerna i Forsmark ingår i rapporten som bilaga. De andra frågelistorna innehöll i stort sett samma frågor, men de var anpassade till den specifika intervjusituationen.

Ett arbete som till stor del bygger på diskussioner och intervjuer kan aldrig vara fullständigt objektivt. Resultatet kommer att bero på de personer som intervjuas och på dem som genomför intervjuerna. Trots det kan man få fram värdefulla resultat så länge man är medveten om metodens begränsningar. Man måste se till att dem man intervjuar kan berätta det man vill veta. Den som intervjuar får inte heller med sina egna åsikter påverka resultaten alltför mycket. Intervjuaren måste vara flexibel och lyhörd, så att en god beredskap finns för att under diskussionen följa upp intressanta trådar. Ibland måste intervjuaren kunna ställa sig dum för att få svar på känsliga frågor. Samtidigt måste intervjuaren åtnjuta ett förtroende och också kunna följa med i en komplicerad teknisk diskussion. Från svaren måste man plocka ut det som är relevant och detta baserar sig alltid på en subjektiv bedömning. Till sist måste synpunkterna värderas och ställas i sammanhang, så att slutsatser kan dras.

## 1.6 Projektets resultat

Ett forskningsprojekt är ofta mera en interaktion än ett strikt målstyrt arbete. De som deltar i arbetet har kanske inte tidigare erfarenhet av att arbeta tillsammans och då kan det ta mera tid att bilda sig en uppfattning om vad som är realistiskt att göra med de resurser man har. Forskningsarbete innehåller ofta en konfrontation med andra synsätt som gör att man lär sig under vägen i en process där det inte målet utan processen är viktig.

Ett problem med forskningsprojekt är ofta att man inte lyckas nå dem som skulle ha den största nyttan av resultaten. I NKS/RAK-1.1 projektet gjordes ett försök att hålla miniseminarier på kraftverken och hos myndigheten för att diskutera preliminära resultat. Totalt fem sådana seminarier har hållits.

Den karta av säkerhetsarbetet som har vuxit fram under projektets gång har visat sig vara mycket mera mångfacetterad än vad man från början föreställde sig. Den deskriptiva modell av säkerhetsarbetet som kan konstrueras på basen av observationer hos kraftbolag och myndighet innehåller många viktiga komponenter som var och en

bidrar till att säkerheten hålls på en hög nivå. Att försöka sammanfatta alla dessa komponenter i en normativ modell kan bli mycket svårt, om man samtidigt vill använda den för att bedöma om balansen mellan olika delar av säkerhetsarbetet är riktig.

Vad kan således ett begränsat forskningsprojekt göra? Det kan knappast gå på djupet, men det kan hitta nya infallsvinklar. Ett forskningsprojekt kan knappast generera färdiga lösningar, men det kan ge insikter och metoder, som kan föras vidare i olika uppföljningsprojekt. Ett forskningsprojekt kan, när det fungerar som bäst, ge dem som är involverade ett stöd för deras egna tankeprocesser. Ansvarvaret ligger dock på var och en av deltagarna att ta till sig och föra vidare det som verkar användbart.

## 1.7 Hur rapporten skall läsas

Kärnkraft är en teknologi som har en politisk dimension. Ord är alltid mer eller mindre värdeladdade och man försöker därför medvetet använda ord som är värdeneutrala. Ibland har det lett till att man tagit i bruk ord som tom. kan uppfattas som en omskrivning. Sådana omskrivningar hör till ett levande språk, men de kan ibland förorsaka en viss förvirring. I rapporten har vi försökt undvika sådana omskrivningar, men trots det anpassa språket till det som dagligen används i branschen.

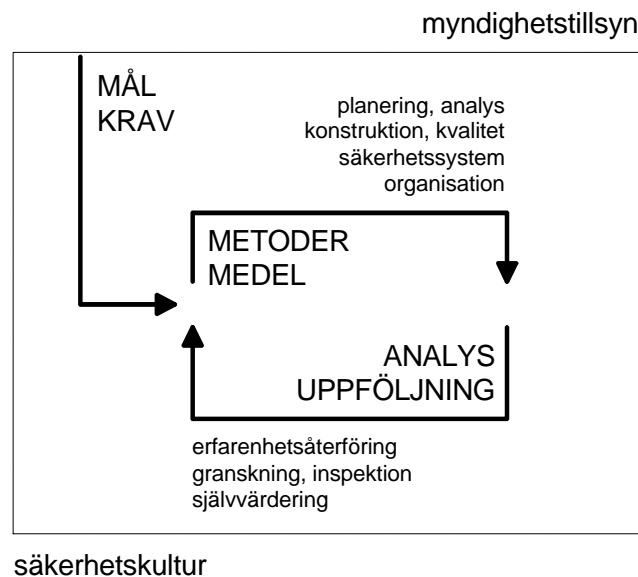
I rapporten påtalas ibland problem och brister i säkerhetshandlingen på kärnkraftverken. Inga av dessa har dock en sådan storlek att de skulle äventyra kärnkraftverkens säkerhet. Påtalade problem och brister bör snarare läsas som rekommendationer för kärnkraftverken där ytterligare förbättringar kan vara påkallade. Ingen verksamhet är så bra att man inte kan hitta något som ytterligare kan förbättras.

Kärnkraften lider av ett trovärdighetsdilemma, som kunde formuleras "Om det är säkert är det väl inte något att tala om. Det att ni talar om säkerheten betyder väl att det inte är säkert?". Säkerheten förutsätter för att den skall bibehållas att man talar om den, studerar den och hela tiden arbetar för att förbättra den. Utan denna kontinuerliga uppmärksamhet minskar säkerheten. Det kan ibland vara svårt att till och med till en upplyst allmänhet förmedla betydelsen av denna insikt.

## 1.8 Rapportens uppläggning

Rapport är upplagd på så sätt att kapitel 2 beskriver hur kärnkraften introducerades i Norden och var man nu står. Kapitel 3 beskriver bakgrunden till säkerhetskraven och de mera övergripande metoder man använder sig av för att försäkra sig om en tillräcklig säkerhet. Kapitel 4 beskriver aktiviteter i säkerhetsarbetet, som syftar till att säkerhet byggs in i den tekniska konstruktionen och de administrativa systemen. Kapitel 5 går in på de aktiviteter med vilka man förvissas om att den avsedda säkerhetsnivån faktiskt uppnåtts. Kapitlen 3, 4 och 5 beskriver således hur säkerhetsarbetet utförs idag och uppdelningen i kapitel kan också illustreras med begreppen mål och krav, metoder och medel samt analys och uppföljning (Figur 2.). Figuren beskriver också den preliminära kartan som användes för att strukturera det fortsatta arbetet. Kapitel 6 beskriver *kartan*

dvs. den modell av säkerhetsarbetet som den byggts upp i projektet. Kapitel 7 ger en noggrannare beskrivning av de *aktiviteter*, som valdes för en mera detaljerad behandling. Kapitel 8 beskriver de *fall* som valdes som exempel på hur säkerhetsarbetet bedrivs. Kapitlen 7 och 8 ger således en övergripande sammanfattning av de intervjuer och diskussioner som genomförts. Kapitel 9 sammanfattar iakttagelser, värderingar och slutsatser från projektet samt ger några rekommendationer för fortsatt arbete. Den struktur som valts för rapporten för med sig den nackdelen att en viss upprepning inte kan undvikas, men fördelen är kopplingar mellan delområden illustreras där de är aktuella.



**Figur 2** Kapitel 3 beskriver säkerhetsarbetets mål och krav. Kapitel 4 de metoder och medel man har för att uppnå mål och krav. Kapitel 5 hur man genom analys och uppföljning värderar att mål och krav varit riktigt formulerade samt att metoder och medel varit riktigt valda och effektiva.

## 2. KÄRNKRAFTEN I NORDEN

### 2.1 Den historiska bakgrunden

#### 2.1.1 Säkerhetstänkandet

Det tänkande, som ligger som grund för den höga säkerhet som har nåtts inom kärnkraften, är resultatet av en lång utveckling. Då kärnkraften introducerades hade säkerhetsarbetet ännu inte fått de former och rutiner man har idag. Säkerhetsarbetet utvecklades samtidigt som man tog ställning till och löste problem i den ordning de uppträdde. Trots att man sålunda haft en pragmatisk syn på säkerheten och förbättrat det som varit mest aktuellt, har dock arbetet styrts av en övergripande och genomtänkt, men kanske inte alltid helt uttalad säkerhetsfilosofi.

Olikheter i de reaktortyper som används har av rent tekniska skäl medfört att säkerhetsmässiga bedömningar sker på olika sätt. På samma sätt har man i olika länder sett behoven olika för att man har haft en speciell situation. Samtidigt har man haft ett utbyte av information mellan flera av kärnkraftprojekten i olika länder och utbytet har påverkat synen på säkerhetsarbetet. Händelser som har inträffat har haft en stor betydelse på hur säkerhetskrav har kommit till. Nuvarande säkerhetspraxis har vuxit fram i en historisk process som påverkas av de tekniska skillnaderna i reaktorernas konstruktion och lokala förhållanden, men också av mera slumpmässiga förhållanden.

Säkerheten hos ett kärnkraftaggregat måste hanteras i ett livstidsperspektiv. Den teknologi och den konstruktion som man väljer grundar sig på erfarenheter från tidigare konstruktioner och på en analys av föreslagna förbättringar. Ett kärnkraftverk måste gå igenom en noggrann granskning redan innan beslutet att bygga stationen kan göras. Ett lokaliseringsbeslut kräver ett stort antal utredningar där man skapar sig en uppfattning om fördelar och nackdelar med en speciell plats. Man förutsätter att en detaljerad säkerhetsanalys har gjorts innan man tar ställning till byggnadstillståndet. Man har i de nordiska länderna förhållit sig olika till kärnkraften och i det följande beskrivs kortfattat några viktiga synpunkter och beslut.

### **2.1.2 Danmark**

I Danmark följde man intresserat med den nya teknologin, som hade en stark förespråkare bl.a. i Niels Bohr. Risø grundades 1958 och tog på sig att utveckla kärnkraftteknologin. 1972 startade det danska elförsörjningsbolaget Elsam ett förprojekt där man undersökte vad som skulle behövas för att bygga kärnkraftverk i Danmark. Ett spirande motstånd mot kärnkraften gjorde dock att man 1976 beslöt att tillsvidare utsätta införande av kärnkraft. År 1985 beslöt slutligen man att avstå från att bygga kärnkraft. Besluten var nog också betingade av att man genom gas- och oljefyndigheter i Nordsjön inte mera såg samma behov att satsa på kärnkraft för elförsörjningen.<sup>4</sup>

### **2.1.3 Finland**

I Finland startade diskussionerna om att bygga kärnkraftverk 1963 när IVOs förvaltningsråd befullmäktigade IVOs styrelse att begära in offerter på ett kärnkraftaggregat. Offerterna, totalt elva stycken, kom in 1965, men ledde inte då till någon beställning. Diskussionerna inom IVO fortsatte tills regeringen 1968 beslöt att lägga planerna på is. Diskussionerna togs emellertid upp på nytt med Sovjetunionen och 1969 beslöt man att beställa det första kärnkraftaggregatet. I villkoren ingick att kraftverket skulle uppfylla de finländska säkerhetskraven, vilket betydde att en ganska omfattande omkonstruktion krävdes. Dessa ledde sedan fram till de två tryckvattenreaktorer, som byggdes i Lovisa.

Efter att det statsägda bolaget IVO beställt sina reaktorer från Sovjetunionen var det politiskt lättare för den privata industrin att gå sin egen väg. År 1969 bildades ett nytt bolag TVO av finländska storbolag med avsikten att bygga ett kärnkraftverk. År 1973

slöts föravtalet mellan TVO och ABB Atom. Ett år senare skrevs beställningsavtalet under för den första enheten samtidigt som man bestämde sig för att beställa en andra enhet.

#### **2.1.4 Norge**

Bland de nordiska länderna låg Norge till en början långt framme med att bedriva forskningsverksamhet inom den nya teknologin. Till en del berodde detta på att redan före kriget hade byggt upp en industri för tungvattenproduktion. Norge ingick i slutet av 1940-talet ett avtal med Holland, som resulterade i att försöksreaktorerna i Kjeller byggdes. Detta arbete ledde senare till att forskningsreaktorn i Halden byggdes och ett givande internationellt forskningssamarbete kunde startas. Genom de stora olje- och gasfyndigheterna som man upptäckte i Nordsjön hade man dock inget behov av att bygga ut kärnkraft för energiproduktion. Norge hade dessutom stor potentiell möjlighet till vattenkraftutbyggnad.

#### **2.1.5 Sverige**

I Sverige introducerades kärnkraften genom att AB Atomenergi (numera Studsvik AB) år 1956 lämnade in sin koncessionsansökan för materialprovvningsreaktorn R2. En av de första uppgifterna för AB Atomenergi var konstruktionen av Ågesta-reaktorn som togs i drift 1964. Kraftverket levererade fjärrvärme och el till förorten Farsta nära Stockholm fram till året 1974 då det stängdes.

Samtidigt som Ågesta reaktorn konstruerades arbetade man även med det s.k. Marviken-projektet. Detta projekt lades dock ner när det visade sig att reaktorn inte skulle kunna fylla de säkerhetskrav man ställde för de nyare konstruktionerna. Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB (numera OKG AB) beställde 1965 en kokvattenreaktor från Asea Atom (numera ABB Atom), som i sin konstruktion påminde mycket om General Electrics anläggningar. Anläggningen var en prototyp och skiljer ganska mycket från senare konstruktionslösningar. Dessa utvecklades sedermera i flera steg, till de lösningar, som använts i de nyaste svenska blocken. I tillägg till de svenska reaktorerna från ABB Atom beställde Vattenfall en tryckvattenreaktor från Westinghouse, som snart följdes av två till.

## **2.2 Kärnkraftens ställning i Finland och Sverige**

### **2.2.1 Att ha en egen leverantör**

ABB Atom har levererat nio av Sveriges tolv reaktorer och två av Finlands fyra (jfr. tabell 1). Det politiska stöd kärnkraften och ABB Atom hade i Sverige betydde mycket

för den senare utvecklingen. Oskarshamn 1 var det första kärnkraftsaggregatet som byggdes av ABB Atom. Denna var prototyp för kokvattenreaktorerna som byggdes i Sverige. Utom Oskarshamn 1 byggdes även Ringhals 1, och i andra generationen, Barsebäck 1 och 2 och Oskarshamn 2 som externpumpsreaktorer. Olika förbättringar infördes då de senare reaktorerna byggdes. Reactorer med interna cirkulationspumpar introducerades med Forsmark 1 och 2 (F1, F2). Olkiluoto 1 och 2 (O11, O12) är något mindre reaktorer av samma konstruktion. Forsmark 3 (F3) och Oskarshamn 3 (O3) är de nyaste kärnkraftaggregaten av ABB Atoms konstruktion som igen skiljer sig från de tidigare genom att vara mera konsekvent genomförda fyrstråkskonstruktioner. Man kan således grovt dela in reaktorerna i fyra generationer mellan vilka den tekniska utvecklingen var mycket snabb. Denna utveckling gynnades av den goda samverkan mellan leverantör, kraftbolag och myndighet som existerade i Sverige under 1970-talet.

**Tabell 1** Kärnkraftverken i Finland och Sverige.

Reaktor	Typ, leverantör	Kommer- siell drift	El effekt netto
Olkiluoto 1	BWR, ABB Atom	1978	735 MW
Olkiluoto 2	”	1980	735 MW
Lovisa 1	PWR, Atomenergoexport	1977	445 MW
Lovisa 2	”	1981	445 MW
Barsebäck 1	BWR, ABB Atom	1975	600 MW
Barsebäck 2	”	1977	600 MW
Forsmark 1	BWR, ABB Atom	1980	968 MW
Forsmark 2	”	1981	969 MW
Forsmark 3	”	1985	1158 MW
Oskarshamn 1	BWR, ABB Atom	1972	445 MW
Oskarshamn 2	”	1975	605 MW
Oskarshamn 3	”	1985	1160 MW
Ringhals 1	BWR, ABB Atom	1976	830 MW
Ringhals 2	PWR, Westinghouse	1975	875 MW
Ringhals 3	”	1081	915 MW
Ringhals 4	”	1983	915 MW

I Finland beslöt man att inte utveckla en egen reaktorteknologi, men att i stället försöka höja de inhemska leveranserna till kärnkraftverken. Denna målsättning uppfylldes väl för anläggningarna både i Lovisa och Olkiluoto.

### 2.2.2 Folkomröstningen i Sverige

Centerpartiet i Sverige hade redan på 1970-talet i sitt partiprogram satt sig emot en utbyggnad av kärnkraften. De andra partierna ställde sig positiva till kärnkraften. I och med TMI-olyckan ändrades det politiska klimatet och en folkomröstning genomfördes år 1980. I det debattklimat, som existerade då vågade inget politiskt parti gå ut med ett klart ställningstagande för kärnkraften och man fick därför tre beslutsalternativ som alla på ett eller annat sätt gick in för en avveckling. Alternativen 1 och 2, som i allt väsentligt var identiska, innebar att de kärnkraftaggregat som fortfarande var under byggnad skulle färdigställas så att antalet reaktorer skulle komma att uppgå till högst 12. Linje 3 innebar att inga ytterligare verk togs i drift och att de som var i drift skulle avvecklas inom en 15-års period. Vid omröstningen fick linje 2 flest röster (39,1%), tätt följt av linje 3 (38,7%) med minsta antal röster till linje 1 (18,9%). Ingen linje fick egen majoritet, men eftersom linje 2 vann och tillsammans med linje 1 hade en klar majoritet beslöt riksdagen att de reaktorer som höll på att byggas skulle färdigställas och att reaktorerna skulle drivas under sin resterande livslängd, som antogs vara 25 år. Genom att samtliga reaktorer skulle vara färdigbyggda 1985 sattes årtalet då alla reaktorer skulle vara tagna ur drift till år 2010.

Den intensiva politiska debatten förde med sig olika försök att plocka politiska poäng. En av de mera famösa episoderna var att det blev olagligt att planera av nya kärnkraftaggregat i Sverige, trots att man redan beslutat att kärnkraftverken skulle avställas 2010. Denna lag kom till och med att ingripa i kraftbolagen strategiska planeringsprocesser, eftersom den gjorde det svårt för dem att ta till sig nya konstruktionslösningar som presenterades i internationella sammanhang. Lagen hindrade dock inte att ABB Atom fortsatte att utveckla reaktorer för exportmarknaden, som bl.a. offererades till Mexiko, Turkiet och Finland.

Efter Tjernobylyckan beslöts att påbörja en accelererad avveckling av kärnkraften med att ställa av ett aggregat i Barsebäck år 1995 och ett i Ringhals år 1996. SKI ombads i detta sammanhang att peka ut det eller de block, som var de mest osäkra och därför borde stängas först. SKI ansåg dock att de använda säkerhetsanalyserna, som är avsedda att verifiera att anläggningarna uppfyller givna säkerhetskrav, inte ger ett underlag för att rangordna dem från säkerhetssynpunkt. Det avvecklingsbeslutet har väckt stor opposition i svenskt näringsliv och den svenska industrin när ett hopp om att beslutet skall kunna rivs upp. Även stora delar av den svenska fackföreningsrörelsen har argumenterat för fortsatt kärnkraftanvändning. Den år 1994 tillsatta energikommissionen kom i december 1995 med sitt utlåtande som går ut på att man knappast kan avveckla kärnkraftverken helt ens efter 2010, men att något eller några av kraftverken kan stängas före detta år. Under våren 1997 bestämde den svenska regeringen att föreslå att det ena blocket i Barsebäck skall stängas av den första juli 1998. Det andra blocket skall sedan stängas 2001 förutsatt att ersättande kraft kan erhållas.

### 2.2.3 Det femte kärnkraftaggregatet i Finland

I Finland tog motståndet mot kärnkraften aldrig sådana former som i Sverige. Det berodde på att kärnkraften under 1970- och 1980-talen hade ett politiskt stöd både bland vänster- och högerpartier.

Man hade i april 1986 avancerat långt med förberedelserna för ett femte kärnkraft-aggregat och en ansökan hade lämnats in om ett principbeslut i frågan. Efter Tjernobylyckan drogs denna ansökan tillbaka och planerna lades på is. När motståndet mot kärnkraft med tiden minskade tog man fram planerna på nytt och en förnyad ansökan lämnades in 1992. Efter en del politiska förvecklingar under år 1993 beslöt regeringen efter en omröstning att föredra ärendet i riksdagen. Förslaget förföll dock efter en omröstning där 107 röstade emot och 90 för. Sedan 1995 har en hel del politiker önskat en ny debatt i frågan, men den nuvarande regeringen har tillsvidare ställt sig negativ.

### 2.2.4 Kärnkraftens framtidsutsikter

För närvarande är det svårt att förutse med vilken takt den i Sverige beslutade avvecklingen kommer att ske. Man har talat om ett politiskt bondeoffer, med vilket man avser att en avställning av ett eller två verk görs för att resten skall kunna drivas även efter år 2010. Frågan om ett nytt kärnkraftaggregat kommer antagligen att väckas på nytt i Finland, men vad som sedan händer kommer säkert att bero på olika faktorer. I Nordens närområde kan man antagligen vänta sig nya att nya kärnkraftaggregat kommer att byggas i Ryssland om finansieringen är i ordning.

Finland och Sverige står nu genom medlemskapet i den Europeiska Unionen inför en anpassning till ett europeiskt synsätt i kärnkraftsammanhang. Man kan nu delta i forskningssamarbete och arbetsgrupper. Den vägen har man bättre möjligheter att föra fram sin egen syn på säkerhetsarbetet. En samstämmighet mellan finländska och svenska kärnkraftexperter kan också hjälpa till med att ge en tyngd åt preventivt säkerhetsarbete i det europeiska forskningsprogrammet Nuclear Fission Safety (NFS).

Många pionjärer deltog i uppbyggnaden av kärnkraftverken och säkerhetsarbetet. Många av dem närmar sig pensionsåldern och en del har redan gått i pension. Om inte tillräckliga insatser sätts in för att dokumentera och förmedla den kunskap de har, finns det en risk att en del går förlorat. Speciellt viktigt är att dokumentera de bedömningar, som styrde valet av lösningar. Detta är syftet med det arbete som i Sverige har satts igång för att uppdatera och återskapa konstruktionsförutsättningarna för de ursprungliga säkerhetsredovisningarna (FSAR) och även se över dem med hänsyn till moderna normer och krav. Enliknande insats görs i de finländska moderniseringsprojekten.

## 2.3 Kärnkraftverken i Finland och Sverige



### 2.3.1 Barsebäck

De två blocken i Barsebäck lokaliserades där för att tillfredsställa behovet av en större produktionsanläggning i regionen och därmed minska överföringsbehovet från vattenkraftverken i norra Sverige. Möjligheterna till samkörning med danska elnätet förbättrades och inledningsvis fanns även ett leveransavtal med Danmark. De ursprungliga planerna var att bygga ett oljeeldat kraftverk i regionen, men bland annat av miljöskäl blev det två kärnkraftblock i stället.

Sydkraft valde samma typ av anläggning som OKG beställt av Asea-Atom några år tidigare. Genom detta fick leverantören tre likartade block att bygga i serie, vilket gav lägre kostnader och en möjlighet att utnyttja erfarenheter samt teknisk utveckling under byggtiden.

Barsebäck har genom sin placering nära Malmö och Köpenhamn stått i rampljuset när kärnkraften ifrågasatts. Det var en bidragande orsak till att den blev den första anläggning där man i efterhand införde system för att kunna hantera och begränsa konsekvenserna av haverier som medför nedsmältning av reaktorhärden (1985). Detta var ett krav som Sverige var först med att ställa efter haveriet i Harrisburg. Övriga kraftverk i Finland och Sverige följde efter ett par år senare.

### 2.3.2 Forsmark

Forsmark var den andra orten där Vattenfall byggde kärnkraftverk. FKA är nu ett eget bolag där Vattenfall har en majoritetsandel. Tidigare var personalen anställda på Vattenfall som drev kraftverket på entreprenad men sedan 1992 tillhör all personal FKA.

Forsmark har med sina tre reaktorer totalt sett den yngsta kärnkraftsparken i Sverige. Man har i stor utsträckning kunnat utnyttja de erfarenheter från tillverkning och drift som vunnits i andra tidigare äldre anläggningarna för att uppnå en hög tillgänglighet och effektivitet. Driftstarten för de två första reaktorerna blev försenad ett par år genom den översyn av säkerhetsfrågan som gjordes efter haveriet i TMI.

### 2.3.3 Lovisa

IVO deltog i byggandet av Lovisa-anläggningen med en mycket stor insats. Kärnkraftverket baserar sig på den sovjetiska VVER-440 konstruktionen för vilken kärnkraftaggregatet Novo-Voronesh 1 representerade en äldre generation. Konstruktionen har av IVO i samarbete med många internationella parter anpassats till ett västerländskt säkerhetstänkande.

IVO har byggt upp en betydande kompetens på VVER området. Denna har i samarbete med ryska reaktorkonstruktörer använts för att modifiera också den ryska VVER-1000 konstruktionen så att den uppfyller västerländska säkerhetskrav. Kompetensen kommer att användas för ryska reaktorleveranser till Kina. IVOs kunnande omsätts som bäst i det

omfattande moderniseringsarbete som genomförs i Lovisa. Vid moderniseringen kommer man också att höja effekten för kraftverket.

I Lovisa har man haft en fullskalesimulator sedan år 1980. Simulatoren har visat sig värdefull också i andra sammanhang. Den har använts vid analysen av händelser som inträffat på kraftverket och den har också använts i PSA arbete. Simulatoren har också använts i flera forskningsprojekt tillsammans med VTT och Halden.

### **2.3.4 Olkiluoto**

Olkiluoto 1 och 2 byggdes som nyckelfärdiga anläggningar. Konstruktionen baserade sig i stor utsträckning på Forsmark 1 och 2. Under byggnadsskedet gjorde TVO ett stort arbete för att ta till sig den nya teknologin. Arbetet upplevde ibland som tungt, men nu efteråt är man nöjd med de resultat som man har uppnått. TVO genomförde 1994 en omfattande organisationsförändring. Målsättningen var att minska organisationens hierarkiska nivåerna samtidigt som man förbättrade kommunikationen mellan dess olika delar.

TVO har haft en fullskalesimulator sedan 1989. Simulatoren har utöver operatörsutbildningen använts för att analysera inträffade händelser såsom transformatorbranden. Simulatoren har använts för att stödja PSA arbetet. Simulatoren har också haft en viktig position i ett omfattande forskningssamarbete som TVO beställt från VTT.

TVO deltog aktivt i planeringen av det femte kärnkraftaggregatet i Finland. Man hade ett nära samarbete med ABB Atom, som syftade till att specificera det sk. BWR-90 konceptet. Projektet hade, trots att det inte förverkligades, en stor betydelse för TVOs egen kompetensutveckling. Denna kompetens används som bäst i ett mycket ambitiöst moderniseringsprogram, som också syftar till att höja effekten. Huvuddelen av projektet skall vara färdig 1998 då också TVO:s nuvarande drifttillstånd går ut.

### **2.3.5 Oskarshamn**

Oskarshamns Kraftgrupp (OKG), var från början ett fristående företag med ett tiotal delägare från i huvudsak privat kraftindustri. Numera har Sydkraft en knapp majoritetsandel, vilket innebär att OKG konsoliderats som ett dotterbolag.

De tre kärnkraftverken i Oskarshamn är alla av olika generationer. O1 är det äldsta kärnkraftverket i Norden och skiljer sig från senare konstruktioner. O2 hör till samma generation som anläggningarna i Barsebäck och O3 är så gott som identisk med F3 och hör således till den senaste generationen. De största problemen i Oskarshamn har varit kopplade till O1. Efter 20 års drift fick man ett tre år lång avställning som berodde på att man hittade olika problem i den ursprungliga konstruktionen. Efter ett omfattande ändringsarbete fick kraftverket tillstånd av SKI i december 1995 att starta upp på nytt. I uppstartbeslutet ingår ett samförstånd i att ett moderniseringsprogram kommer att genomföras.

### 2.3.6 Ringhals

Kärnkraftverken i Ringhals byggdes på en plats där man tidigare tänkt bygga ett kolkraftverk. Det hade just visat sig att Marviken inte kunde licensieras enligt nya amerikanska krav. Det föreföll då naturligt att bygga ett kraftverk med en beprövad utländsk konstruktion, samtidigt som man ville ge svensk industri en chans. Först beställdes de två första blocken av vilka den ena var en kokvatten- och den andra en tryckvattenreaktor. När Vattenfall sedan bestämde sig för att bygga ytterligare fyra reaktorer till, valde man att lägga två tryckvattenreaktorer till i Ringhals som levererades av Westinghouse och två kokreaktorer i Forsmark som levererades av ABB Atom.

## 2.4 Myndighetsarbetet i Finland och Sverige

### 2.4.1 Tillsynsfilosofin

Myndighetsarbetet syftar till att från samhällets sida förvissa sig om att alla rimliga åtgärder har vidtagits för att kärnkraftaggregaten skall vara säkra. Detta betyder att man inte kan vara tillfreds med att en miniminivå har nåtts, utan att man bör kontinuerligt försöka hitta bättre lösningar. Tillsynsarbetet innebär att myndigheterna ställer krav och villkor för verksamheten, de ger tillstånd när krav och villkor är uppfyllda samt att de inspekterar och övervakar att kraven efterlevs.

Myndighetsarbetet i ett land speglar en syn på offentlig administration. Myndighetsarbetet får därigenom en förankring i ett lands kultur. Säkerhetsarbetet har vuxit fram under en längre tidsperiod, som innehållit både mera och mindre aktiva perioder, då grunderna för myndighetsarbetet lagts, omvärderats och utvecklats.

Tillsynsfilosofin i Finland och Sverige är mycket lika och bygger på att kraftbolagen har det fulla ansvaret för säkerheten. Myndigheterna försöker agera så att kraftbolagen själva tar detta ansvar. Man tar också ett klart avstånd från en inblandning i kraftbolagens tekniska beslut. Det är kraftbolagens uppgift att övertyga myndigheten om att de lösningar som används är tillräckligt bra. Både den finländska och den svenska modellen för myndighetsarbetet utgår från att man skall ha en öppen och fungerande kommunikation mellan berörda parter. I allt försöker man lösa problem på ett smidigt sätt.

En skillnad i myndighetsarbetet är att STUK svarar för all myndighetsgranskning av kärnkraftverken i Finland. I Sverige är kärnsäkerhet och strålskydd uppdelat mellan SKI och SSI. Tidigare hade dessutom Statens Anläggningsprovning (SA) ansvaret för tryckkärlsgranskningen, men har numera fråntagits sin funktion som riksprövplats och fungerar i stället som ett ackrediterat kontrollorgan. Tillsynsansvaret ligger därmed även i detta avseende på SKI.

### 2.4.2 Lagstiftningen

I Sverige antogs den första atomenergilagen år 1956 och den har genomgått betydande förändringar under årens lopp. Lagen om kärnteknisk verksamhet gavs ut i Sverige 1984 (Lag 1984:3) och reviderades 1992 (Lag 1992:1536). Den svenska lagen är mycket kortfattad och innehåller inga bestämmelser med en teknisk anknytning. Tillstånd till ny anläggning lämnas av regeringen efter att ansökan lämnats till SKI som inhämtar yttranden från SSI, länsstyrelsen m.fl. Några i lag föreskrivna förutsättningar för att få tillstånd finns inte i Sverige.

Den första atomenergilagen antogs i Finland år 1958. Lagen blev småningom föråldrad och Handels- och industriministeriet tillsatte en kommitté år 1978, som fick i uppgift att ge ett förslag till en ny kärnenergilag. Kommittén fick ta ställning till en lång rad av frågor bl.a. vilken instans som skulle besluta om nya anläggningar. Kommitténs förslag var att statsrådet skulle besluta om byggandet och driften av en kärnkraftanläggning. När sedan lagen förbereddes vidare, blev det emellertid klart att riksdagen på något sätt måste kopplas till beslutet. Lösningen var att statsrådet beslutar om byggandet, men detta beslut skall föregås av ett principbeslut av riksdagen om att ett kärnkraftprojektet är i enlighet med Finlands helhetsintresse.

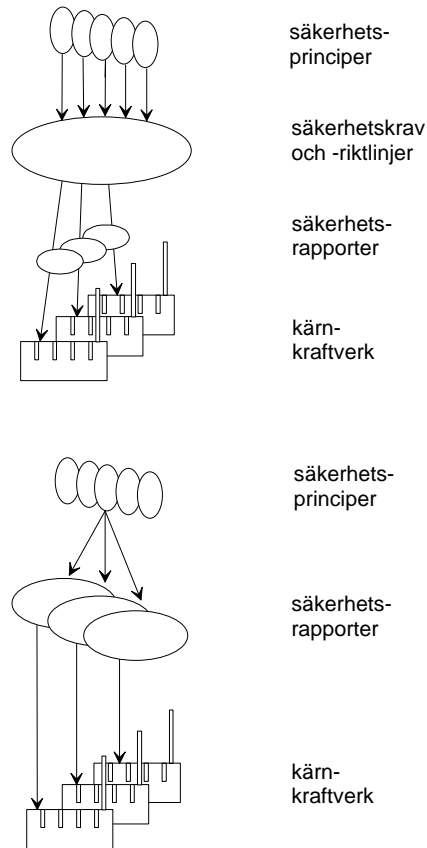
I Finland har man valt att skriva in ganska detaljerade säkerhetskrav i lagar och förordningar. I Sverige har man inte samma detaljnivå. Kärnenergiförordningen i Finland befullmäktigar STUK att utfärda mera detaljerade krav och riktlinjer.

### 2.4.3 Tillståndsförfarandet

Tillståndprocessen i Finland regleras av kärnkraftlagen, kärnkraftförordningen, statsrådets beslut från 1991 och YVL-guiderna som STUK upprätthåller. För att bygga ett nytt kärnkraftaggregat krävs ett principbeslut av regeringen att uppförandet är förenligt med samhällets helhetsintresse. Före beslutet bör allmänheten och lokala myndigheter beredas möjlighet att framföra sina synpunkter. Efter att beslutet gjorts bör detta utan dröjsmål meddelas till riksdagen, som kan upphäva det eller låta det förbli i kraft. Byggnads- och drifttillstånd regleras av kärnenergiförordningen. I kärnkraftlagen är dessutom inskrivet att behörig hänsyn skall tas till andra lagar såsom lagen om arbetsskydd, elsäkerhet och miljöskydd.

Drifttillstånden i Finland har alltid varit tidsbegränsade, medan de i Sverige som regel inte har varit det. På senare tid har dock tillstånden i Sverige för rutinmässig drift i samband med effekthöjningar samt byte av ånggeneratorer begränsats tidsmässigt. Drifttillstånden ges i Finland som regeringsbeslut på en ansökan som uppgjorts i enlighet med kärnenergiförordningen. Den definierar bl.a. att en slutlig säkerhetsanalys skall finnas. I Sverige ges också drifttillstånden som regeringsbeslut, men de tar inte ställning till tekniska detaljer. Tillståndsvillkoren meddelas av SKI och med en referens till den slutliga säkerhetsrapporten (FSAR) som innehåller tekniska detaljer såsom säkerhetstekniska föreskrifter och systembeskrivningar. Bestämmelser för säkerhetsgranskning och kvalitetsverksamhet ingår nu i övriga tillståndsvillkor och kommer i framtiden att föras till SKIs författningssamlingar. I Finland gäller således i princip

samma bestämmelser för alla kraftverk, medan tillstånden i Sverige från början är givna för varje kraftverk skilt för sig (Figur 3.).



**Figur 3** Tillstånden i Finland baserar sig på att samma krav och riktlinjer gäller för alla kärnkraftverk. I Sverige är tillstånden skrivna så att varje kraftverk har sina egna regelverk.

#### 2.4.4 Speciella beslut

Ibland har man ansett att beslut har en sådan betydelse att de måste förankras högre upp i administrationen. Man har då t.ex. med ett regeringsbeslut gett större tyngd åt nya säkerhetskrav. Trots att myndigheten inte formellt har gjort besluten, har den dock haft en viktig roll i att förbereda dem.

I Sverige beslutade riksdagen år 1981 om utsläppsbegränsande åtgärder vid kärnkraftverken. Beslutet baserade sig på diskussioner, som tog fart efter TMI olyckan, om hur ett utsläppsbegränsande system skulle kunna konstrueras för de svenska kärnkraftaggregaten. Åtgärderna genomfördes under 1980-talet baserat på konstruktionslösningar som tagits fram i de sk. FILTRA- och RAMA projekten.

I Finland ansåg man, i samband med förberedelserna för ett femte kärnkraftaggregat, att det var nödvändigt att mera i detalj definiera en kravnivå, som placerar sig mellan kärnkraftförordningen och de riktlinjer som STUK utarbetar. Dessa krav som egentligen består av fyra dokument (allmänna säkerhetsbestämmelser, säkerhetsarrangemang, beredskap, avfall) antogs år 1991 som statsrådets beslut. Här har man i de allmänna säkerhetsbestämmelserna definierat bl.a. kraven på högsta tolererbara stråldoser och utsläpp vid allvarliga olyckor.

#### **2.4.5 Myndigheternas befogenheter**

Myndigheten fungerar som allmänhetens representant i säkerhetsbedömningar och granskningar. Myndighetens måste ha ett förtroende både från allmänhetens sida och från kraftverken. Detta förtroende kan bibehållas endast om myndigheten har en tillräcklig integritet och kompetens.

Både SKI och STUK har en laglig rätt att kräva att ett block ställs av eller att driftbegränsningar införs om inte säkerheten kan anses tillräcklig. Detta har hänt, men mycket sällan, vilket också följande exemplen visar.

STUK tillät inte för Lovisa under en rad av år en högre effekt än 92%. Orsaken var att man inte hos leverantören kunnat verifiera viktig information om bränslet. Trots svårigheter lyckades STUK till slut få begärd information från dåvarande Sovjetunionen och driftbegränsningen kunde avlägsnas.

Femreaktorstoppet 1992 där SKI var pådrivande förorsakades av att man upptäckte ett fel i konstruktionsförutsättningarna som var mest kritiskt för de fem kokvattenreaktorerna av den tidigaste konstruktionen. Felet upptäcktes vid en störning i Barsebäck och ledde till att SKI krävde att totalt fem block i Sverige ställdes av och de stod i nära ett halvt år.

#### **2.4.6 YVL-guiderna**

YVL-guiderna är ett omfattande och detaljerat regelsystem i Finland som STUK har utarbetat. Det amerikanska regelverket stod som grund, men det omtolkades och anpassades för finländska förhållanden. YVL-guiderna är uppdelade i åtta huvudområden och innehåller totalt något över 60 dokument. YVL-guidernas status i en beslutshierarki ligger på en lägre nivå än STUKs beslut, men de styr mycket av det praktiska säkerhetsarbetet.

YVL-guiderna i Finland genomgår en regelbunden uppdatering för att reflektera ny erfarenhet. Ett uppdateringsbehov identifieras av STUK och arbetet förs in i verksamhetsplaner. Uppdateringsarbetet ges åt en liten arbetsgrupp, som vanligen utarbetar minst två utkast som behandlas internt inom STUK. Efter det att ett mera slutligt utkast blivit färdigt går detta på remiss till kraftbolagen och VTT. Ett slutligt utkast färdigställs på basen av kommentarer som kommit in. Detta utkast går sedan ännu på remiss till reaktorsäkerhetsdelegationen som är ett rådgivande organ för STUK.

Det arbete som i synnerhet STUK, men också kraftbolagen och VTT, har satt ner på att utarbeta och uppdatera YVL-guiderna har varit mycket stort. Arbetet har burit frukt genom att man har kunnat bygga upp en djup förståelse för säkerhetsarbetet och dess krav. Den ställning som YVL-guiderna har är unik såtillvida att Finland som inte har en inhemsk reaktorleverantör har utvecklat ett eget detaljerat regelsystem. Beslutet att utveckla de finländska YVL-guiderna kom till i en speciell situation då man definierade sin profil mot utländska leverantörer.

#### **2.4.7 Föreskriftsarbete i Sverige**

De säkerhetskrav som ställs i Sverige bygger från början i stor utsträckning på regler som utarbetades av den amerikanska säkerhetsmyndigheten. Kraven har dock anpassats och kompletterats för svenska förhållanden. Den s.k. 30-minutersregeln har t.ex. sitt ursprung i den säkerhetspraxis som utvecklades i samverkan mellan ABB Atom, kraftbolagen och SKI.

En skillnad mellan praxis i Finland och Sverige är att SKI tidigare har ställt kraven i form av villkor för givna tillstånd. SKI har först efter en lagändring 1993 fått bemyndigande att utfärda generella föreskrifter. Föreskriftsarbetet är i full gång, men man ser en skillnad mellan de svenska föreskrifterna (SKIFS) och YVL genom att SKIFS får samma juridiska nivå som en författning.

#### **2.4.8 Säkerhetsgranskning**

Granskning är en viktig del av en myndighets arbetsuppgifter. Ifall man inte granskar en konstruktion, en analys eller underlaget för ett beslut är det svårt att bedöma om säkerheten är tillräcklig. Säkerhetsgranskningen måste dels rikta sig mot de processer som tar fram material och dels mot det material de tagit fram.

I samband med att drifttillstånden förnyas i Finland gör STUK en detaljerad säkerhetsgranskning. I enlighet med ett regeringsbeslut görs i Sverige en motsvarande granskning med ungefär tio års mellanrum (ASAR, as operated safety analysis report). Den mera rutinmässiga granskningen regleras i Finland av YVL-guiderna.

Kraftbolagen är skyldiga att meddela myndigheterna om alla planer på anläggningsändringar. I Finland används en detaljerad förhandsgranskning i samband med alla konstruktionsändringar. Denna förhandsgranskning bygger på en tradition som utvecklades när kärnkraftverken byggdes i Finland. I Sverige gör man förhandsgranskning endast i utvalda fall. Särskilt i Sverige sker en utveckling mot en mindre grad av teknisk detaljgranskning så att man i stället lägger större vikt vid att granska den verksamhet som är viktig för säkerhet och tekniska kvalitet.

#### **2.4.9 Inspektionsarbetet**

Inspektion sker på kraftverken för att se till att förhållandena faktiskt är sådana som de sägs vara och att krav och bestämmelser är uppfyllda. Utan inspektion kan det hända att genvägar tas och att de utvecklar sig till en praxis. Det måste finnas en återkoppling, som upptäcker och reagerar för sådana genvägar. Genom att inspektörerna upprätthåller en nära kontakt med kraftverken blir de lyhörda för problem.

Inspektörernas yrkesroll är viktig genom att de måste kunna bibehålla en integritet mot kraftverken. SKI har tagit som regel att en inspektör inte skall arbeta med samma kraftverk under en längre tid än fem år. Man har också satt en karenstid för nyanställda personer som kommer från ett kraftverk. Principen är att en person inte skall arbeta med en anläggning han eller hon har haft starka kopplingar till.

På SKI och i viss mån på STUK, har man gått in för att mera inspektera hur kraftbolagen agerar än att gå in och titta på tekniska detaljer. Man fäster nu mera vikt vid att se till att kraftbolagen har välfungerande processer och själva kan se till att ställda krav är uppfyllda, än att se på hur enskilda detaljer har skötts. Man kräver av kraftbolagen att de har en stark självvärderande verksamhet. På senaste tid har man både i Finland och Sverige gått in för temainspektioner för att de ger en möjlighet att se på en större helhet. Fördelen med denna typ av inspektion är att man kan se hur olika aktiviteter är kopplade och hur de samverkar.

I Finland har man valt att ha en eller två inspektör stationerad på kraftverken. SKI har sina inspektörer stationerade i Stockholm, men man har utsett inspektörer som fungerar som kontaktmän till de olika kraftverken.

#### **2.4.10 Rapportering**

På kraftverken används rapporteringsformulär i vilka man fångar upp händelser som inträffar och rapporterar dem till myndigheten. I händelserapporteringen försöker man få med en analys av orsaker och rekommendationer för hur liknande händelser kan undvikas i framtiden. Information för att reda ut bakgrunden till händelserna samlas in mera noggrant efteråt och analyseras i detalj om händelsen anses som viktig. Händelser som har en klar inverkan på säkerheten kan också initiera beslut från myndigheterna beträffande åtgärder som också påverkar andra kraftverk. Myndigheterna kan kräva att åtgärderna skall vara införda innan kraftverket får startas upp.

Myndigheterna erhåller en löpande drifrapportering från kraftverken. Denna rapportering sker med standardiserade formulär. Myndigheterna begär också in annan rapportering av kraftverken, såsom planerade ändringsarbeten, åtgärder som har företagits på grund av händelser från andra kraftverk, osv. Myndigheterna gör ibland egna händelseutredningar.

På basen av rapporteringen från kraftverken sammanställer både SKI och STUK regelbundna rapporter som riktar sig mot stadsmakten och allmänheten. Myndigheterna har också tagit på sig ett visst ansvar att informera om säkerhetsfrågor och strålskydd.



### **2.4.11 Det praktiska myndighetsarbetet**

Myndighetsarbetet förutsätter öppenhet och en effektiv kommunikation. En sådan är möjlig endast om både myndighet och kraftbolag förstår varandras roller och uppskattar det arbete den andra parten gör. Båda parter måste kunna föra fram argument som noteras och beaktas. Myndighetsarbetet bygger på en balansgång där båda parterna får lov att ta hänsyn. Man måste ha en fungerande kommunikation med kraftbolagen, men man får inte komma för nära kraftbolagens beslut. Det är bra att göra granskningen på en övergripande nivå, men man bör trots det åtminstone genom stickprov förvissa sig om att detaljerna är i sin ordning.

Myndighetsarbetet handlar till stor del om att komma fram till beslut i tillståndsfrågor på basen av kraftbolagens framställningar. För varje framställning samlas ett beslutsunderlag som motiverar och stöder framställningen. Myndigheten granskar framställningen och gör sitt beslut, ibland efter att ytterligare förklaringar har begärts in. Myndigheternas beslutsgång är definierad i organisationshandböcker och kvalitetsystem. Myndighetsbeslut kan också behövas t.ex. då man skall starta upp efter det att en onormal händelse inträffat. Efter revisionsavställningar görs en verifiering att säkerhetssystem är driftklara innan tillstånd ges för uppstart.

I svåra frågor kan myndigheten ibland förutsätta att en oberoende analys görs. Eftersom myndigheten inte alltid har den kompetens som krävs att ta ställning till komplicerade tekniska frågor används ibland utomstående konsulter eller tekniska stödorganisationer. Myndigheten kan också kräva att kraftbolaget själva beställer oberoende analyser.

SKI har markant mindre resurser än STUK för reaktorsäkerhetsarbetet, i synnerhet om man beaktar att kärnkraftprogrammet i Sverige är ungefär tre gånger så stort som i Finland. Skillnaden i resurser har fört med sig en skillnad i sättet att arbeta. SKIs granskning har i ökad utsträckning inriktats mot kvalitetssäkringen i kraftbolagens arbete med de tekniska lösningarna, på bekostnad av den tekniska detaljgranskningen. Denna förändring av sättet att arbeta är dock samtidigt resultatet av ett strategiskt val för förbättrad effektivitet. STUKs granskning går mera in i detaljer och man gör ofta egna oberoende analyser av de förslag som görs av kraftbolagen.

## **2.5 Andra aktörer inom branschen**

### **2.5.1 Ministerierna**

I Finland är STUK underordnat social- och hälsovårdsministeriet medan SKI lyder under miljödepartementet. Ministerierna styr myndighetsarbetet genom att definiera mål och ge resurser för det arbete som skall göras. Också andra ministerier har vissa uppgifter med en anknytning till kärnkraftsäkerheten.

I Finland har Inrikesministeriet tagit initiativ till och förverkligat de automatiska mätstationer med vilka man registrerar radioaktivitet flera hundra platser i Finland. Ansvaret för systemet har senare överflyttats till STUK. Handels- och industriministeriet har en viktig roll genom sin position som föredragande och beslutande organ i tillståndsfrågor för kärnkraftverken. Handels- och industriministeriet finansierar också kärnsäkerhetsforskning i Finland. Mycket av kontakterna från till de internationella kärnsäkerhetsorganisationerna sköts via Utrikesministeriet.

### **2.5.2 Högskolor och universitet**

Högskolor och universitet har en viktig funktion i att säkerställa att branschen får kompetent personal. Många av de tekniker som arbetar i branschen idag har fått sin utbildning med en speciell inriktning på kärnkraft. Rekryteringen av ungdomar för sådana kurser har dock blivit svårare under senaste år trots att man inte ännu kan tala om en flykt från denna studieinriktning. Branschen kan dock nu med lätthet absorbera alla nya ingenjörer som utbildas.

Kurser i reaktorteknik ges i Finland på Helsingfors och Villmanstrands tekniska högskolor. I Sverige är det Chalmers tekniska högskola i Göteborg och Kungliga tekniska högskolan i Stockholm som ger utbildning i kärnteknik. Radiologer och strålskyddare utbildas på olika universitet i Finland och Sverige. SKI finansierar en professur vid Stockholms universitet med en inriktning mot MTO-frågor och en på KTH i kärnkraftsäkerhet. Kraftindustrin och SKI har finansierat bildandet av Kärntekniskt Centrum inom KTH i Stockholm som har en koordinerande roll i forskning och utbildning inom reaktorteknik.

### **2.5.3 Tekniska stödorganisationer**

Myndigheterna, men också branschen i sin helhet, använder sig i stor utsträckning av utvecklingsinsatser som görs av organisationer som med ett sammanfattande namn kan kallas tekniska stödorganisationer. Det är främst forskningsorganisationerna som har fyllt denna nisch. Orsaken är att de orienterat sig mot att söka ny kunskap och att de kan erbjuda konfidentialitet och kontinuitet i sina tjänster

I Danmark har Risø haft en viktig ställning inom denna funktion. Under åren har verksamheten blivit mera inriktad på energisystem i allmänhet, vilket har gjort att kärnkraftens betydelse minskat. Risø har dock fortfarande verksamhet inom områdena materialteknik och kärnsäkerhet.

Institut for Energiteknikk (IFE) har en viktig position i Norge. Man har anläggningar i Kjeller utanför Oslo och i Halden. IFE administrerar det internationella forskningsprojektet OECD Halden Reactor Project i Halden. Halden utför forskning för kärnkraftbranschen inom områdena bränsle, materialteknik och människa-maskin-system. Halden har på senaste tid fått flera bilaterala uppdrag från kärnkraftverken i Sverige.

VTT bedriver en stor del (110 av totalt 180 personår) av det forskningsarbete på kärnkraftsområdet som görs i Finland. Av VTTs nio forskningsinstitut sker den största delen av forskningsarbetet på tre av de nio enheterna; VTT Automation, VTT Energi och VTT Tillverkningsteknik. Mindre delar görs också av VTT Kemiteknik, VTT Byggnadsteknik och VTT Samhällsbyggnad och infrastruktur. Genom att VTT inte är specifikt inriktad mot kärnkraftbranschen har synergifördelar kunnat uppnås genom kontakter till annan industri.

I Sverige hade Studsvik en viktig position som en nationell forskningsinstitution fram till mitten av 1980-talet, men blev under 1980-talet fråntagen denna roll främst genom att ett statligt stöd för verksamheten försvann. Verksamheten idag är genom företagets tidigare verksamhet och de nya ägarförhållandena fortfarande inom kärnkraftsäkerheten. Man säljer tjänster bl.a. från en materialforskningsreaktor och hot cell faciliteter. I Sverige finns inte numera en teknisk stödorganisation i samma mening som i Danmark, Finland och Norge, utan forsknings- och utvecklingsarbete görs till en stor del konsulter, leverantörer och universitet.

#### **2.5.4 Leverantörer och andra företag**

För kärnkraftverken är de olika företag som levererar system, komponenter och tjänster mycket viktiga. Den ursprungliga leverantören har i detta sammanhang en mycket centrala position. I hur stor utsträckning man förlitar sig på och på vilket sätt man utnyttjar sin huvudleverantör skiljer sig dock. Utöver huvudleverantören deltar ett mycket stort antal företag med olika specialområden i kärnkraftverkens revisionsavställningar.

Inom kärnkraftbranschen i synnerhet i Sverige finns flera små konsultföretag. Orsaken ligger delvis i den utflyttning av kompetens från de stora aktörerna till små företag, som skedde i Sverige under 1980-talet. På 1990-talet har de stora företagen omstrukturerat sin verksamhet i en koncernstruktur där centrala konstruktions- och säkerhetsavdelningar har obildats till konsultbolag.

KSU är ett företag som ägs av kraftbolagen i Sverige. KSU sköter simulatorutbildningen för alla de svenska kraftverken centralt. Man har nu totalt sex fullskalesimulatorer som är placerade i Studsvik. KSU sköter också en del av erfarenhetsåterföringen i Sverige som syftar till att tillgodogöra sig utländsk erfarenhet.

#### **2.5.5 Samarbetsorgan**

År 1993 bildade BWR ägarna i Sverige och Finland det så kallade Rådet för nordiska reaktorägare med ett syfte att utgöra ett forum för diskussion och samverkan på en hög nivå. Medlemsföretag i rådet är BKAB, FKA, OKG, TVO och Vattenfall. Rådet tog initiativ till skapandet av Erfatom som är ett nyligen bildat samarbetsorgan som tagit på sig att förmedla drifterfarenhet mellan de kraftbolag som driver anläggningar konstruerade av ABB Atom. En stor del av erfarenhetsåterföringen har därigenom flyttats från KSU till Erfatom.

Finlands Atomtekniska Sällskap<sup>5</sup> har en viktig position inom kärnkraftbranschen i Finland. Motsvarande organ i Sverige är Föreningen Kärnteknik. De flesta som på något sätt är knutna till kärnkraftområdet är medlemmar i föreningarna. Föreningarna erbjuder utöver fackinformation en neutral kommunikationskanal. Föreningarna tar initiativ till seminarier och diskussionstillfällen. Föreningarna är också en förmedlande länkar till motsvarande europeiska och utländska organisationer.

## **2.5.6 Internationella organisationer**

Inom kärnkraftbranschen finns det många internationella organisationer som verkar i olika roller. IAEA är ett organ som är underställt FN-organisationen och verkar sammanhållande för många aktiviteter. Inom IAEA pågår ett omfattande arbete med att skriva riktlinjer och standarder för kärnkraftsäkerheten. IAEA administrerar också omfattande databaser med information om alla världens kärnkraftverk. OECD/NEA är ett samarbetsorgan inom kärnkraftsäkerhet mellan de industrialiserade länderna. WANO bildades efter Tjernobylyolyckan som ett organ för att utbyta erfarenhet mellan kärnkraftoperatörerna över hela världen. WANO har en nära kontakt till och opererar mycket enligt samma principer som INPO i USA. EU-samarbetet reglerar också frågor inom kärnkraftområdet av vilka de viktigaste är forskningssamarbetet.

## **2.6 En jämförelse mellan Finland och Sverige**

### **2.6.1 Likheter**

I en jämförelse mellan Finland och Sverige är det klart att likheterna överväger. Säkerhetskraven bygger på samma underliggande filosofi och principer. Kärnkraften har både i Finland och Sverige varit en kommersiell succé. Man har både på kraftverken och hos myndigheterna en mycket hög ambitionsnivå. Man har effektiva både formella och informella kommunikationskanaler mellan myndigheter och kraftbolag. Trots att likheter således överväger är det dock viktigt att notera att också olikheter existerar. Senare i rapporten behandlas förhållandena i Finland och Sverige på olika områden mera i detalj. Där olikheter inte uttryckligen framhåvs kan läsaren tolka texten så att förhållandena i Finland och Sverige är ganska lika.

### **2.6.2 Olikheter**

Det finns en del olikheter mellan kärnsäkerhetsarbetet i Finland och Sverige. Olikheterna har ofta en historisk orsak och de blir därför lättare att förstå i ett större sammanhang. När man gör en jämförelse måste man också komma ihåg att kärnkraftsprogrammet i Sverige är ungefär tre gånger så stort som i Finland. Kärnkraftens andel av elförsörjningen i Sverige är ungefär 50%, medan den i Finland endast är något över 25%. En viktig skillnad är att man i Sverige har en egen reaktorleverantör, ABB Atom, som i början av utbyggnaden hade ett starkt politiskt stöd. Det samförstånd som i synnerhet under 1970-talet rådde i Sverige gjorde det möjligt att i en snabb takt utveckla

anläggningarna. Myndighetsmodellen i Finland blev av olika orsaker mera misstänksam och det speglas också i kravhanteringen.

Den politiska synen på kärnkraft i Sverige har förändrats mycket sedan det mest intensiva utbyggnadsskedet. I Finland har kärnkraftmotståndet inte fått samma proportioner och kärnkraft är fortfarande ett alternativ för frtida energiförsörjning. Den negativa inställningen till kärnkraft har gjort att industrin blivit mycket lyhörd för säkerhetskrav, men det har säkert varit svårt att argumentera för mera resurser och mot nedskärningar. I en jämförelse har SKI har uppenbart mindre resurser än STUK.

Ett område där en markant skillnad mellan Finland och Sverige finns, är förhållandet till sk. MTO-frågor. Man har i Sverige både hos myndigheten och på kraftverken klart gått in för att lyfta upp dessa frågor på samma nivå som tekniska spörsmål. I Finland är mänskligt felhandlande och organisatoriska brister klart underordnade mera tekniska frågor.

### **2.6.3 Några kulturförankrade skillnader**

Den svenska modellen för kärnkraftsäkerheten har lanserats som ett begrepp i Sverige, kanske främst för att ta avstånd från den amerikanska modellen. Redan uttrycken svensk och amerikansk modell implicerar att säkerhetsarbetet är kulturförankrat. När man försöker lyfta fram sådana kulturförankrade skillnader, får man ta till mycket svepande generaliseringar. Trots detta kan sådana generaliseringar om de används på ett rätt sätt, göra det lättare att förstå bakgrunden till olikheter i praxis.

Sättet att agera i Finland och Sverige är olika. När man i Sverige strävar efter konsensus, så accepterar man i Finland lättare en konfrontation. Det kan ibland betyda att behandlingen av ett ärende tar en längre tid i Sverige, men att lösningarna kan införas ganska smidigt. Man kan också säga att Finland är mera styrt av regler, medan man i Sverige kanske fungerar mera pragmatiskt. Trots allt torde en jämförelse med avseende på byråkrati dock visa, att man fungerar smidigt i Finland. Om man vill så kan man säga att Finland är präglad av en svagare nationell självkänsla, medan Sverige ofta agerar som en stormakt med världssamvete. I Sverige har man också en tendens att vara mera lyhörd för politiska strömningar och man reagerar kanske därför snabbare, visserligen med en risk att överreagera.

## **2.7 Några förändringsprocesser**

### **2.7.1 En avreglerad elmarknad**

Avregleringen av elförsörjningen startade i England och Norge införde systemet 1991. Nu har också Finland och Sverige ändrat sin lagstiftning så att elproduktion har blivit konkurrensutsatt. Processen har ännu inte lett till ett stabilt tillstånd, vilket betyder att man kan vänta sig mera förändringar. Den största förändringen hittills är att ägarstrukturerna modifieras och en strikt uppdelning mellan nationella kraftföretag håller på att försvinna. Vattenfall har kommit in på den finländska marknaden och IVO på den

svenska. I Sydkraft finns numera stora intressenter från Norge och Tyskland. Överföringskapaciteten på de linjer som kopplar ihop andra länder med det nordiska nätet med Europa är tillvidare ganska begränsad, vilket betyder att det ännu kan ta tid innan det i genomsnitt högre elpriset i Europa kommer att påverka prisbildningen i Norden.

Avregleringen av elförsörjningen har förorsakat en osäkerhet beträffande kommande elpriser. Kärnkraft måste på grund av sin kapitalstruktur räknas till baskraften. Det betyder att så länge det finns en viss överloppskapacitet i det nordiska elnätet så kommer marginalpriset för el att hålla sig på en nivå där en kärnkraftutbyggnad kan bli svår att motivera.

### **2.7.2 Avvecklingen av kärnkraften i Sverige**

I Sverige har man beslutat att avveckla kärnkraften år 2010. Man har diskuterat en snabbare avveckling och tyckt att något kraftverk borde stängas av före detta datum. Inom branschen har man uttryckt oro för att man kanske inte kan klara av att hålla kompetens och resurser inför en hotande avveckling. I Sverige har dessa problem under de senaste femton åren inom branschen skickligt hållits i bakgrunden. Avvecklingen av kärnkraften i Sverige har nu blivit konkretare genom den svenska regeringens uttalade avsikt att stänga den ena enheten i Barsebäck. Det betyder att kraftverksägarna i Sverige står inför ett stort osäkerhetsmoment när det gäller framtida verksamhet. Det kan bli ifrågasatt om man är villig att satsa så mycket på att utveckla säkerheten som man tidigare varit villig. Hur det svenska regeringsbeslutet kommer att påverka säkerheten för de kraftverk som fortsättningsvis är i drift kan bli svårt att säga, men det finns nog en koppling mellan lönsamhet och säkerhet. Beslutet kan också komma att påverka ett kommande utbyggnadsbeslut i Finland, men det är idag omöjligt att säga hur.

### **2.7.3 Samhällets inställning till kärnkraft**

Hur samhällets inställning till kärnkraft kommer att utveckla sig vet ingen. På sikt kommer inställningen att inverka på vilka personer som söker sig till branschen och därför på hur kärnkraften drivs. Tillsviare verkar det som om samhällets negativa inställning inte inverkat så mycket på det konkreta arbetet. Branschen blir ibland anklagad för att inte erkänna sina problem, men man vill undvika påhopp för att kunna planera utan tidspress. Den öppna debatten är sällan konstruktiv, utan den förs ofta med en dold agenda.

Om branschen inte kan få ett förtroende, trots att en mycket stor del av elförsörjningen är beroende av kärnkraft, kan det bli svårt att i ett längre tidsperspektiv driva kärnkraftverk. Säkerheten förutsätter en öppenhet som paras med en långsiktighet i planeringen. Den villighet att investera i säkerhetsförbättrande åtgärder som finns idag, är svår att bibehålla i en situation där en betydande osäkerhet om framtiden råder.

En av de svåraste frågor man tvingas ta ställning till, är huruvida säkerheten har en riktig balans i förhållande till andra branscher. Man kan säga att en alltför försiktig

inställning i en bransch skapar en obalans, eftersom man genom att överflytta resurser från denna bransch till ett annan kunde erhålla en ökad totalsäkerhet i samhället. Svårigheten med detta sätt att resonera, är att man har mycket svårt att jämföra säkerheten inom olika branscher.

En allvarlig kärnkraftolycka någonstans i världen är ett annat hot som kan göra kärnkraften omöjlig. Oberoende av var en olycka inträffar, kommer det att bli svårt för de länder som har en betydande kärnkraftproduktion att förklara varför inte en liknande olycka skulle kunna inträffa hemma. I en sådan situation kan flera länder plötsligt ställas inför ett politiskt tryck som tvingar fram en oförberedd avveckling.

#### **2.7.4 Förändringar i samhället**

Samhället går igenom en kontinuerlig förändringsprocess. I denna process ändras värderingar, som i sin tur påverkar attityder och föreställningar. Kärnkraften har fått känna på en sådan förändringsprocess där man från att ha varit en teknologi med en nästan outtömlig potential har kommit att upplevas som ett hot. Andra sådana förändringsprocesser kan direkt och indirekt påverka säkerhetsarbetet inom kärnkraftbranschen.

I de nordiska länderna håller en tidigare polarisering mellan arbetare och tjänstemän på att försvinna. Denna uppdelning förde tidigare med sig en skillnad i hur olika personer identifierade sig med sitt företag och dess målsättningar. Driften av ett kärnkraftverk förutsätter att alla identifierar sig med säkerhetsmålen och den vägen också med företagets övergripande målsättning. Detta kan bli lättare att driva verksamhet som har en potentiell säkerhetsrisk i ett samhälle där sådana klasskillnader förlorar betydelse.

Integreringen av Europa har framskridit mycket längre än man ens vågade hoppas på för bara tio år sedan. Finland och Sverige har anslutit sig till EU, medan Norge valt att ställa sig utanför. Integreringen har gjort att man har mindre handelshinder mellan länderna och det har fört med sig att konkurrensen har blivit hårdare. Utvecklingen i Ryssland ger många osäkerhetsfaktorer, men erbjuder också framtida möjligheter för integration och handelsutbyte.

Insikten om att man måste värna om miljön har slagit igenom samhällets alla lager. Kärnkraften har under normaldrift en mycket liten miljöpåverkan. Det argumentet har dock inte vunnit speciellt mycket gehör, vilket delvis beror på att meningarna om skadligheten av koldioxidutsläpp fortfarande är delade. Om kopplingen mellan användningen av fossila bränslen och en global klimatförändring blir tydligare kan en omvärdering av kärnkraften ske.

Unga människor har idag förväntningar på en livskvalitet som är högre än vad deras föräldrar hade, men samtidigt är man ofta mera villig att avstå från yttre kännetecken på framgång. Det förefaller dock orealistiskt att anta att man i ett demokratiskt samhälle kan gå till ett så energisnålt samhälle som helt kan förlita sig på förnybara energikällor. Man kan vänta sig att energidebatten kommer att fortsätta, men det vore bra om man kunde bli mera överens om vad som är realistiskt och vad som inte är det.

I samhällets förändringsprocesser har allmänhetens syn på experter blivit mera kritisk. Den kritiska inställningen kan förstås när man beaktar att teknologi trots sina fördelar ofta fört med sig mindre önskade biverkningar. Inställningen till kärnkraft kommer att bero av hur inställningen till teknologi i allmänhet och till experter i synnerhet utvecklar sig. Om andra teknologier får trovärdighetsproblem med avseende på säkerhets- och miljöfrågor, kan man vänta sig att det också påverkar inställningen till kärnkraft.

## **3. KÄRNKRAFTENS RISKER OCH KRAVEN PÅ SÄKERHET**

### **3.1 Hantering av hot och risker**

#### **3.1.1 Kärnkraftens hotbilder**

Olika hotbilder har kopplats till kärnkraften och dessa har bidragit till en negativ attityd hos allmänheten. Den vanligaste hotbilder som associeras till kärnkraften är risken för en allvarlig reaktorolycka. Olyckan i Tjernobyl demonstrerade påtagligt för envar de konsekvenser en sådan kan ha. Experternas förklaringarna om skillnader i anläggningens konstruktion och driftkultur har av allmänheten upplevts som undanflykter och ohederlighet. Till hotbilden hör också den brist för förtroende som föranletts av att allmänheten upplever att branschen inte ger tillräcklig med information.

Kärnavfallet är en komponent i kärnkraftens hotbilder där allmänhetens och experternas uppfattningar går i sär. De mycket långa tidsförlopp man måste ta hänsyn till gör det svårt att få en bedömning av de risker man bör ta hänsyn till. De lösningar som föreslagits är fullt genomförbara både tekniskt och ekonomiskt, så svårigheterna ligger på det politiska planet. Frågan om slutförvaring av högaktivt avfall blir akut i de nordiska länderna först efter sekelskiftet. Det tidtabelltryck man har, hänger mera ihop med att kraftindustrin behöver visa att de föreslagna lösningarna för att ta hand om avfallet har en tillräcklig trovärdighet.

En tredje hotbild hänför sig till den koppling som i många länder existerat mellan kärnkraft och vapentechnologi. Exempel från kapprustningen visar också att säkerheten varit åsidosatt av de båda supermakterna USA och Sovjetunionen. När man ser på kärntechnologi för civil energiproduktion, inser man att erfarenhetsåterföringen är en mycket central aktivitet i säkerhetsarbetet. Det finns under de senaste femtio åren många exempel på att en sådan erfarenhetsåterföring inte kan fungera effektivt i den slutna atmosfär som en militär kontroll medför. En ytterlig hotbild är att terrorister eller organiserad brottslighet övar utpressning mot samhället genom att hota med sabotagehandlingar mot kärnkraftverk eller sprängningar av kärnladdningar.

#### **3.1.2 Vad menas med risk**



Med en risk menar man ett hot som kan realiseras med en viss grad av sannolikhet. I praktiska överväganden definieras en risk ofta som produkten av sannolikheten för en oönskad händelse och de konsekvenser den förorsakar. Man ser då risker med stora konsekvenser och låg sannolikhet som i viss mån likvärdiga med risker där sannolikheten är högre, men konsekvenserna mindre. Detta synsätt uppfattas inte alltid som berättigat. Konsekvenser måste också värderas med avseende på skada till liv, egendom eller skador på miljön. Det finns teori för hur man tar hänsyn till risker i beslut. En svårighet med dessa teorier är att beslut ibland är svåra att passa in i en sådan formalism för att resultatet inte stämmer överens med andra subjektiva värderingar som påverkar beslutet. Frågan om verklig och uppfattad risk innehåller många komponenter av underförstådda antaganden och värderingar som måste beaktas i en kommunikationsprocess.<sup>6</sup>

Beslut måste sättas in i ett värdesammanhang. Beslutsfattaren måste veta vilken kostnad och vilken nytta utfallet av ett visst beslut väntas medföra. Om kostnader och nytta är sammansatt av mycket olika komponenter, blir det svårt att väga dem mot varandra. Man måste också beakta att olika personer värderar saker olika och värderingarna kan ändras över tid. Vinst eller förlust upplevs inte proportionellt i relation till dess storlek. Riskbedömningar försöker avbilda hur människor förhåller sig till olika hot och modellerna är till hjälp, trots att det kan ofta vara svårt att väga samman alla aspekter i en beslutssituation.

### 3.1.3 Ett förhållande till risker

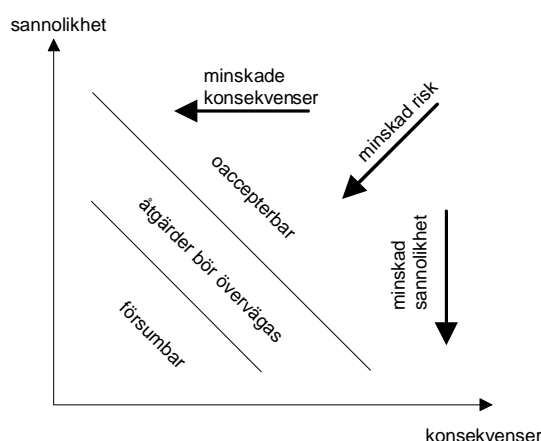
Ingen verksamhet är riskfri. Det betyder att man försöker undvika onödiga risker och se till att man får den största möjliga nyttan för de risker man tvingas ta. Ett förhållande till risker innebär en optimering där man dels försöker minimera sin riskexponering och dels försöker maximera den utdelning man får för de risker man tar. Frågan i detta sammanhang kommer alltid att vara, vad som är tillräckligt säkert.<sup>7</sup>

En reaktorolycka kan få mycket stora konsekvenser. Säkerheten kräver därför att sannolikheten för en olycka är mycket låg. Problemet är att kunna visa att sannolikheten för en oönskad händelse i verkligheten är så liten som man vill att den skall vara. Med de säkerhetskrav som ställs på kärnkraft räcker inte den samlade drifterfarenheten på sammanlagt ca. 6000 driftår från västerländska reaktorer långt för en direkt bevisföring. Man måste därför bygga bevisföringen indirekt, så att man analyserar all tillgänglig erfarenhet av inträffade fel och mindre allvarliga händelser som föregår allvarliga olyckor. Här spelar säkerhetsanalysen en central roll.

Lekmän och experter bedömer risker olika. Lekmän tolkar ofta risker i relation till egen erfarenhet och ger stora kostnadspåslag för sådant som är obekant eller skräckinjagande. Man har också en tendens att underskatta risker i sådant där man har en egen kontroll över åtgärder. I en riskbedömning stöder sig lekmän ofta på ganska slumpmässigt valda källor. Experter på riskbedömning använder en mera formaliserad definition av riskerna och en bedömning som är mera objektiv.

### 3.1.4 Hur man kan hantera risker

Man kan minska en risk antingen genom att minska sannolikheten för den oönskade händelsen eller genom att minska de konsekvenser händelsen medför. Sannolikheten kan minskas dels genom att se till att initierande händelser uppträder tillräckligt sällan och dels genom att dolda brister avlägsnas innan de styr in en händelsekedja i en önskad riktning. Konsekvenserna av en händelse kan minskas genom att man för in olika åtgärder som antingen minskar sannolikheten för eller begränsar inverkan av olika skademekanismer (Figur 4.).



**Figur 4** En risk kan minskas antingen genom att minska sannolikheten eller konsekvenserna för en händelse. I ett konsekvens- och sannolikhetsdiagram får man tre områden, ett område med oaccepterbara risker, ett område där åtgärder bör övervägas och ett område där risken kan anses försumbar.

Hantering av en specifik typ av risker medför inte alltför stora problem. Svårigheter uppstår om man måste genomföra bedömningar av risker som är mycket olika. Detta händer t.ex. när man försöker jämföra kärnkraftens risker med de risker som är kopplade till energi producerad med fossila bränslen. Om riskerna är mycket olika försöker man ibland jämföra dem, genom att konvertera kostnader och nytta till en gemensam värdeenheter. Man har försökt väga kostnader för en åtgärd som antingen gjorts eller inte gjorts mot en förväntad minskning av konsekvenserna, men resultaten har ofta varit kontroversiella.

Kärnkraftproduktion är en kommersiell verksamhet med betydande ekonomiska risker. Investeringarna är mycket stora och ett tillfredsställande ekonomiskt resultat förutsätter att kraftverket kan drivas i många år. En betydande ekonomisk risk är kopplad till händelser, som gör att man måste avbryta driften innan investeringarna har blivit avskrivna. Ett större haveri kan föra med sig att kostnaderna för att sätta kraftverket i skick blir så stora att detta inte lönar sig. Mindre händelser kan också i en för kärnkraftverken ofördelaktig politisk situation föra med sig, att en opinion kräver en tidigare lagd avveckling. En politisk osäkerhet kan styra nyinvesteringar mot tekniskt eller miljö-

mässigt mindre attraktiva energiformer, om inte en tillräckligt lång driftperiod kan bedömas som sannolik.

### **3.1.5 Riskkommunikation**

Riskbedömningar görs alltid i sista hand av experter och man måste därför fästa en speciell vikt vid den kommunikationsprocess, med vilken de förmedlar resultaten till beslutsfattare och allmänhet. Bedömningarna måste vara transparenta och kunna tåla en kritisk genomgång. Metoderna som används måste vara accepterade och förståeliga också utanför en trång krets av experter.

En riktig bedömning av risker är nödvändig för att inblandade skall kunna reagera riktigt om en oönskad händelse inträffar. Detta förutsätter att man har en fungerande kommunikationsprocess som når de inblandade samt förmedlar förklaringar och handlingsmodeller. I ett demokratiskt samhälle förutsätter man också att de som utsätts för en risk är medvetna om den och kan förhålla sig till den. Brister i riskmedvetenhet kan leda till att stora resurser läggs på att förhindra upprepandet av inträffade händelser medan ännu icke inträffade händelser försummas.

### **3.1.6 Samhällets beslutsprocesser**

Varje verksamhet har både en nytta och en kostnad. Nyttan och kostnaderna kan fördela sig olika mellan olika grupper i samhället. Då uppstår en intressekonflikt som måste lösas politiskt. Inställningen till olika risker, beror också på vilka möjligheter intressegrupperna har att påverka besluten.

Samhället inrättar myndigheter som får i uppdrag att fungera som allmänhetens ombud för att definiera vad som är acceptabelt och för att se till att inblandade uppfyller sina åligganden. I säkerhetsarbetet betyder detta också att myndigheten måste kartlägga och värdera riskerna för att kunna begränsa dem till vad samhället är villigt att acceptera.

Satsningar på en förbättrad säkerhet inom en bransch för med sig olika kostnader för branschen och därigenom indirekt för samhället. Dessa kostnader måste vara i paritet med andra satsningar samhället gör för en ökad säkerhet. Nyttan av verksamhet som är förenad med risker måste vara så klart större än kostnaderna att verksamheten kan anses vara i samhällets helhetsintresse. Balanseringen mellan risker och nytta sker i en politisk beslutsprocess där kompromisser ofta är nödvändiga.

## **3.2 Samhällets säkerhetsmål**

### **3.2.1 Lagar och förordningar**

Samhällets säkerhetsmål skrivs in i lagar och förordningar. Dessa definierar också säkerhetsmyndighetens uppgifter. Mera detaljerade mål formuleras i beslut, krav och riktlinjer som utarbetas av olika instanser. Lagar och förordningar kommer till i en

politisk process i samhället. Denna kan ses som en förhandlingsprocess mellan berörda parter, som syftar till att hitta en lösning som är acceptabel för alla.

### 3.2.2 Regelverk

Regelverk och säkerhetsbestämmelser har utvecklats i flera länder. Dessa placerar sig vanligen någonstans mellan förordningar och mera allmänna rekommendationer. I regelverken försöker man skriva in säkerhetsmål och de sätt med vilka man kan nå dem. Det är viktigt att ett regelverk hålls levande så att ny kunskap förs in och föråldrade regler rensas bort. Kraven kan ge mer eller mindre utrymme för frihet i den praktiska tillämpningen. Regelverken representerar en samlad kunskap och erfarenhet med avseende på vad som är förnuftig att kräva. Fördelen med regelverken att de gör både planerings- och granskningsarbetet lättare. De regelverk som används nationellt har ofta på något sätt utgått från det amerikanska regelverket. IAEA har också utarbetat ett system av standarder och riktlinjer som är tänkt att kunna användas som ett stöd för att formulera nationella regelverk.

Man kan alltid diskutera hur detaljerade krav man borde ställa. Kraven kan ge mer eller mindre frihet i valet av lösningar. De kan vara detaljerade i att föreskriva metoder eller de kan ange en målformulering med referens till kvalitet och kvantitet. Val får också göras med hänsyn till den kompetens man kan räkna med att användaren av regelverket har, de behov man har för att utveckla regelverket och de möjligheter till kontroll myndigheterna vill hålla. De bedömningar som gjordes när ett regelverk utvecklades och de regler som används för att uppdatera regelverket bör också dokumenteras. Det kan hända att förutsättningarna för regelverket ändras med tiden.

### 3.2.3 Hur reglerna tillämpas

Regelverk, normer och riktlinjer tillämpas i många av säkerhetsarbetets aktiviteter. I offertskedet vid upphandling av komponenter och system för ett kärnkraftaggregat kommer kraftbolag, leverantörer och myndighet vanligen överens om vilka regelverk som skall användas. Ibland kan regelverken förutsätta tolkningar, som då måste dokumenteras.

Regelverk, normer och riktlinjer gör det lättare att hantera krav och analyser. Genom att välja standardiserade lösningar kan man vara säker på att de är tillräckligt analyserade. Då lösningar bygger på en betydande drifterfarenhet man också vara mera säker på att de är bra.

Konstruktörerna använder regelverken i sitt arbete, kraftbolagen organiserar verksamheten så att den beaktar reglerna och myndigheterna använder regelverken i sina egna granskningsprocesser. När klara regler existerar blir konstruktion, drift och

granskning lättare och man behöver inte på samma sätt gå in i detaljer för att vara säker på att en lösning är ändamålsenlig.

### 3.2.4 Ett internationellt samförstånd

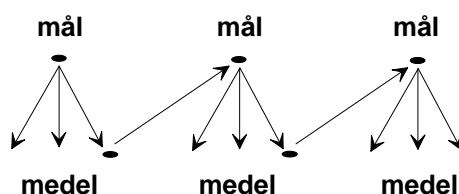
Det har alltid funnits behov av att harmonisera de regelverk man använder för att styra säkerheten på kärnkraftverken. Behovet har t.ex. vuxit fram genom att man i ett land köpt sina kärnkraftaggregat från två eller flera utländska leverantörer och velat passa in kraftverken i ett och samma regelverk. Myndigheterna har ibland ett behov att förklara hur nationella bestämmelser förhåller sig till varandra och då finns det ett behov för att förstå skillnader mellan nationella regelverk. De internationella organisationerna IAEA och OECD/NEA har varit mycket viktiga genom att de kunnat erbjuda fora för diskussioner om regelverk. Behovet av internationellt samförstånd accentuerades efter olyckan i Tjernobyli som visade på att ett haveri kan ha en global inverkan.

De internationella standardiseringsorganisationerna har varit verksamma i att utveckla detaljerade tekniska standarder. Standarderna har då sådana funnits hjälpt kärnkraftverken att ställa krav på leverantörerna och att vara säkra på att dessa faktiskt uppfylls.

## 3.3 Grundläggande säkerhetsmål och -principer

### 3.3.1 Samspel mellan mål och principer

Säkerhetsmål och säkerhetsprinciper står i relation till varandra så att man genom att tillämpa en viss princip kan se till att ett mål uppfylls. Säkerhetsprinciperna kan därför också ses som medel när man uppfyller målen. Övergripande mål bryts ner i delmål som då igen kan uppfyllas med sina egna principer (Figur 5.).



**Figur 5** Man har ett samspel mellan mål och medel. Ett visst mål kan uppfyllas med medel som i sin tur genererar nya mål. I säkerhetsarbetet är medlen ofta säkerhetsprinciper som styr konstruktionen.

Det grundläggande säkerhetsmålet för kärnkraftaggregaten är att olyckor med allvarliga konsekvenser eller tillbud till sådana inte inträffar. Man strävar därför att konstruera kraftverken enligt sådana principer att händelser som kan sätta igång en olyckssekvens

skall inträffa tillräckligt sällan och att de inte skall leda till allvarliga följder om de trots allt inträffar. I Finland har STUK i sin övergripande säkerhetsguide YVL 1.0 skrivit in både mål och säkerhetsprinciper.

### **3.3.2 Deterministiska säkerhetskrav**

Ett av de viktigaste målen är att kärnkraftaggregatet är konstruerat så att planerade och oplanerade drifttillstånd inte innebär något hot. Detta mål leder till deterministiska säkerhetskrav som avser prestanda och egenskaper hos system och komponenter under olika händelseförlopp. Genom att kräva att olycksförloppen analyseras i tillräcklig detalj för att förvissa sig om att viktiga marginaler inte hotas kan man skapa en tilltro till konstruktionens ändamålsenlighet.

### **3.3.3 Djupförsvar**

Den kanske viktigaste deterministiska säkerhetsprincipen är principen om ett djupförsvar. Enligt djupförsvarsprincipen är det inte tillräckligt att fel med konsekvenser för säkerheten förebyggs eller förhindras. Principen fordrar att man i flera led förutsätter att det ändå kan bli fel och att deras konsekvenser därför förebyggs, eller i yttersta ledet lindras. Enligt denna princip installerar man många oberoende barriärer mot oönskade händelser och konsekvenser. Djupförsvaret bygger på andra underliggande säkerhetsprinciper, eftersom man också måste se till att barriärerna är intakta när de behövs.

Principen med djupförsvar gör att stationerna blir säkerhetsmässigt robusta. Detta gör i sin tur att man får en konservativ konstruktion, så att en möjlig osäkerhet i säkerhetsmässiga bedömningar inte påverkar slutresultatet. Man kan egentligen säga att det faktum att TMI olyckan inte fick mera allvarliga konsekvenser, visar på att djupförsvarsprincipen behövs och fungerar.

IAEA har definierat fem olika nivåer för djupförsvaret.<sup>8</sup> Dessa nivåer är förhindra att onormala drifttransienter och fel inträffar, att vid sådana upptäcka fel och styra kraftverket så att ingen fara uppstår, att hantera alla konstruktionsstyrande olyckor utan risk för omgivningen, att förhindra allvarliga olyckor och begränsa deras konsekvenser samt begränsa konsekvenserna vid ett betydande utsläpp av radioaktivitet.

### **3.3.4 Konstruktionsstyrande haverier**

Ett viktigt mål är att kärnkraftaggregaten skall klara av svåra driftstörningar och haverier på komponenter och rörsystem utan att reaktorhårdens kylning går förlorad eller att radioaktiva ämnen sprids i omgivningen. För detta ändamål använder man sig av sk. konstruktionsstyrande haverier (DBA) för att dimensionera säkerhetssystemen. Man antar ett hypotetisk haveriförlopp, som man måste kunna skydda sig emot. I början använde man sig av de sk. stora LOCA-sekvenserna (Loss Of Coolant Accident), där

man antog ett rörbrott av giljotintyp för det största till reaktortanken anslutna röret. Tanken var att haveri av denna typ täckte in alla andra tänkbara haverier.

Efter TMI-händelsen insåg man dock att även små LOCA-sekvenser kan utgöra ett hot för en överhettning av reaktorhärden. Dessa sekvenser är därför numera på samma sätt konstruktionsstyrande. Idag har man kompletterat den palett av haverisekvenser, för vilka man gör en detaljerad analys. Man har också formulerat typiska scenarier för vilka man måste göra en tillräckligt noggrann analys av inte bara reaktorn utan även av olika hjälpsystem. Sådana scenarier är t.ex.

- en fullständigt och långvarigt avbrott på yttre eltilförsel,
- ett avbrott på tillförseln av matarvatten,
- ett läckage av primärkylmedel utan tillgång till nödkylning,
- ett läckage av primärkylmedel med en störd återcirkulation.

Antalet och urvalet av de haverisekvenser, som man kräver att ett kärnkraftaggregat skall kunna skydda sig emot har ökat. För nya reaktorer som planeras kommer man att kräva att reaktorinneslutningen skall klara även de extrema påfrestningar som kan tänkas förekomma vid svåra reaktorhaverier, såsom ång- och vätgasexplosioner. De säkerhetsförhöjande åtgärder man infört på reaktorerna i Finland och Sverige betyder att dessa krav redan nu i stor utsträckning är uppfyllda. Det finns visserligen ett behov som aldrig tar slut, att få bättre modeller för att förstå de fenomen som bidrar till hur ett haveri utvecklar sig. Det betyder att man söker en förståelse för vad som händer när härden smälter, vad som händer när kylningen återställs, när och hur en genomsmältning av reaktortanken kan ske, hur en härdsmläta beter sig i interaktion med betong, osv.

### **3.3.5 Redundans, separation och diversitet**

Principen med djupförsvaret leder till andra viktiga konstruktionsprinciper. Man talar om det sk. enkelfelskriteriet, med vilket man menar att en station måste byggas så att inget enskilt fel i utrustningen eller ett enskilt handhavandefel skall få leda till att säkerhetsfunktionerna inte klarar sina uppgifter. Denna princip tillfredsställs genom att man bygger in övertalighet, sk. redundans för att skydda sig mot att enkla och ibland flerfaldiga fel i komponenter sätter säkerhetsfunktioner ur spel. Ett skydd mot felmanövrer erhålls genom förreglingar och automation.

Separationsprincipen säger att säkerhetssystem skall vara funktionellt och fysiskt åtskilda. Enligt denna princip bör redundanta delar av ett system som sköter samma säkerhetsfunktion vara åtskilda på ett sådant sätt att de inte påverkar eller är beroende av varandra. Separationsprincipen försäkrar att inte en gemensam händelse, såsom brand, samtidigt slår ut alla system som svarar för en kritisk funktion.

En tredje princip är diversitetsprincipen. Den kräver att man skall ha system som är oberoende också till sin principiella lösning, så att man inte löper en risk för att råka ut

för felssekvenser som initieras av att system eller komponenter har samma konstruktionsfel.

Enkelfels-, separations- och diversitetsprinciperna är nära relaterade till varandra. Genom att iakttä separation och diversitet undviker man att fel med gemensam orsak (CCF) samtidigt slår ut flera redundanser. Man försöker undvika gemensamma initierande händelser (CCI) som via olika mekanismer samtidigt skadar flera system. För att undvika sådana initierande händelser bör man beakta bl.a. en tillräcklig brandseparation, man måste se till att frigjord energi t.ex. vid rörbrott inte åstadkommer annan oväntad skada och man måste se till att utrustningen tål påfrestningarna i ett möjligt haveri.

### **3.3.6 Konservatism, marginaler och robusthet**

En bärande säkerhetsprincip är att se till att konstruktionen dimensioneras och säkerhetsanalyser görs med väl tilltagna marginaler. Man talar ofta om konservatism, med vilket menas att man väljer antagandena så, att man alltid i verkligheten erhåller större marginaler än de som beräkningarna ger. Konservatism som princip är dock ibland tvivelaktig, eftersom man kan få beräkningar som inte är konsistenta. I analyserna strävar man nu efter beräkningar som ger en bästa uppskattning.

På senare tid har man börjat tala om robusthet i både konstruktion och analyser. En robust konstruktion innebär att ett brett spektrum av händelser kan klaras av utan större skillnader i hur kraftverket uppför sig i detalj. Med en robust analys menar man igen att antaganden och parametervärden har en förhållandevis liten inverkan på hur ett förlopp utvecklar sig.



Säkerhetsmarginaler måste ibland sättas med hänsyn till anläggningens livslängd. Detta gäller exempelvis hållfastheten hos primärssystemets komponenter mot utmattning, där säkerhetsmarginalerna förutsätter ett beräknat antal belastningscykler motsvarande det antal transienter som anläggningen beräknas komma att genomgå (uppkörningar, avställningar, driftstörningar). I dessa fall ingår det i driftsövervakningen att se till att man håller sig inom den transientbudget, som beräknats ge önskade säkerhetsmarginaler. Erfarenheten från de finländska och svenska kärnkraftverken visar att man väl har klarat av att hålla belastningscyklerna på en sådan nivå att denna budget knappast blir begränsande för kraftverkens livslängd.

### 3.3.7 Rådruksregeln

I en haverisekvens kommer mycket stora krav att ställas på operatörerna. Samtidigt måste man beakta att människor kan göra felaktiga beslut i stressfyllda situationer. Detta har lett till att man som en säkerhetsprincip formulerat kravet om tillräckligt rådruksrum.

Man har i de nordiska reaktorerna vid effektdrift tillämpat att den sk. 30-minuters regeln ligger som en grund för dimensioneringar, dvs. driftpersonalen skall ha tillräckligt med tid att skapa sig en uppfattning om den inträffade händelsen och inte behöva ingripa förrän tidigast inom 30 minuter. Det betyder bl.a. att ingripanden som behövs inom kortare tid skall vara automatiserade.

### 3.3.8 Probabilistiska säkerhetsmål

I de deterministiska kraven tas inte hänsyn till sannolikheten för ett förlopp. De probabilistiska kraven avser sannolikhet eller frekvens för ett händelseförlopp. Man vill med kraven försäkra sig om att olika fel händer tillräckligt sällan. Samtidigt vill man sätta en gräns för de sekvenser där man måste tillämpa deterministiska regler. Såväl probabilistiska som deterministiska krav är förankrade i en orsak-verkan struktur på så sätt att man genom kraven syftar till att avlägsna de orsaker som kan ge upphov till en reaktorolycka och utsläpp av radioaktivitet.

Säkerhetssystemen förväntas vara så effektiva att frekvensen för en härdskada kan begränsas till högst en gång per 100 000 reaktorår. Hänsyn skall tas till händelser med olika grader av sannolikhet, ända till att de i värsta fall skulle kunna inträffa endast en gång vid någon av världens reaktorer under deras livstid. Enligt principen för djupförsvar skall utsläpp som kan ske vid en härdskada begränsas till vad som det kan vara möjligt att tolerera. Säkerhetsmålet är dels deterministiskt, så att utsläppet begränsas till en mycket liten del av härdinnehållet och dels probabilistiskt så att större utsläpp sker tillräckligt sällan. Detta har lett till kravet att givet härdskada, högst en sekvens på tio skall få leda till utsläpp av radioaktivitet.

Utöver sådana mål som ställs för de mera ovanliga sekvenserna ställer man ofta probabilistiska mål även för de mera vardagliga händelserna. I Finland skiljer man i YVL 2.2 mellan driftstörningar, som kan väntas uppträda med en frekvens större än  $10^{-2}$  per år och antagna olyckor som har en frekvens som är mindre än  $10^{-2}$  per år. Drift-

störningar förväntas att inte aktivera säkerhetssystemen. YVL 2.8 ger igen probabilistiska krav på tillförlitligheten hos det viktigaste säkerhetssystemen såsom reaktorns avställningssystem och systemen som isolerar inneslutningen vid ett haveri.

### **3.3.9 En kontinuerlig förbättring av säkerheten**

Kravet att kontinuerlig arbeta för en förbättring av säkerheten är underförstått i hela branschen. Kravet har också på ett övergripande sätt skrivits in i den finländska lagstiftningen. Kraftbolagen i Finland och Sverige har mer eller mindre explicit bundit sig till denna målsättning. Kravet förutsätter visserligen en måttfullhet i tolkningen och man har i internationella sammanhang ibland använt uttrycket att man skall göra riskerna “as low as reasonably possible (ALARP)”. STUK har i sammanhanget använt uttrycket “safety as high as reasonable achievable (SAHARA)”. Båda uttrycken innebär att man aktivt arbetar med att följa med internationell erfarenhet och hur man ser på olika säkerhetskrav. Införandet av utsläpps begränsande åtgärder i mitten av 1980-talet är exempel på en mycket omfattande säkerhetshöjande åtgärd. Under de senaste åren har betydande förbättringar gjorts på kärnkraftverken för att bygga barriärer mot olika händelsesekvenser som kan uppträda vid svåra haverier.

## **3.4 Hur organisationer hanterar mål**

### **3.4.1 Målstyrning i företag**

I företagsvärlden tillämpar man i en stor utsträckning målstyrning. I praktiken betyder detta att organisationsenheterna uppmanas att ställa egna mätbara mål, som i samtal med överordnade diskuteras och konkretiseras. Målen följs upp och kopplas ofta till någon form av bonussystem.

Ledningen i en organisation måste ta ställning till vilka mål som är realistiska. Högt ställda mål kan ha en tändande effekt på personalen, men kan också få till stånd en känsla av hopplöshet över mål som aldrig nås. Man måste balansera mellan snabba beslut som avför ett ärende från dagordningen och vikten av att gå till grunden innan ett beslut görs. De säkerhetsmål som myndigheterna ställer kan ses som en miniminivå som måste vara uppfyllda för att drifttillståndet skall gälla. Kraftbolagen försöker ofta internt ställa högre mål för att myndigheternas säkerhetsmål skall vara uppfyllda med en god marginal.

### **3.4.2 Säkerhet och ekonomi**

Ekonomisk effektivitet anses ofta vara av underordnad betydelse vid planeringen av säkerhetsarbetet. Så är det inte. Säkerhetsarbetet kan vara effektivt endast om man har tillräckligt med resurser att satsa på förebyggande verksamhet. I en trängd situation är det tyvärr alltför lätt att låta någon högt prioriterad säkerhetsförbättrande åtgärd vänta.

På motsvarande sätt är det alltid lätt att allokera resurser på säkerhetsförbättringar om ett kraftverk har en god ekonomi.

Man skall aldrig kompromissa med säkerheten av ekonomiska motiv, i synnerhet som en kompromiss i ett skede ofta kan leda till en större kompromiss vid ett senare tillfälle. På en mera övergripande nivå är säkerhet och ekonomi aldrig motstridiga mål.

Ett ekonomiskt mål med en direkt säkerhetsmässig betydelse är, att man på ett sunt sätt kan hushålla med resurser. Så länge man klarar av att peka på aktiviteter med en stor inverkan på säkerheten är det också lätt att se till att får tillräckligt med både pengar och personresurser. Investeringar i säkerhet måste stå i relation till den inverkan man väntar sig av dem under en total återstående drifttid.

### **3.4.3 Ansvar och befogenheter**

En organisation styrs av ett system med ansvar och befogenheter. Dessa bör ha en paritet så att ett ansvar också ger befogenheter att genomföra åtgärder som behövs. Ansvarsförhållanden måste vara klara och befogenheterna dokumenterade. Man försöker ofta delegera ansvar och befogenheter så långt som det är praktiskt möjligt. Varje viktig uppgift skall ägas av någon. Ansvar och befogenheter är det sätt som en organisation definieras.

### **3.4.4 Flera samtidiga mål**

Det är sällan en organisation kan formulera ett entydigt mål. I stället tvingas man anpassa sig till ett stort antal ibland delvis motstridiga mål. I praktiken betyder detta att de sammanvägs på något sätt. I en sammanvägning förlorar man ofta i noggrannhet, vilket gör att det ofta är förnuftigt att låta målen förbli separerade. Man får dock i detta fall balansera mellan dem och ta i beaktande att en lösning som ger en bättre utdelning med avseende på ett av målen kan ge sämre utdelning med avseende på ett annat. Varje organisation måste kunna behandla motstridiga mål. Man måste hitta en fungerande balans mellan ytterligheter och man måste kunna förmedla denna till organisationen.

## **3.5 Kärnkraften i ett större sammanhang**

### **3.5.1 Säkerhet och ekonomi**

På en övergripande nivå föreligger knappast någon konflikt mellan säkerhet och ekonomi. I ett mera kortsiktigt perspektiv kan ibland problem uppstå. En tillfällig genväg har knappast någon betydelse i ett absolut riskperspektiv, eftersom sannolikheten för att något skall hända trots allt är mycket liten och tiden för ett högre risk-exponering kan vara mycket kort. Genvägar har dock en tendens att bli en praxis och då kommer man förr eller senare att råka ut för problem. Man har ställt upp hypotesen om en risk-homeostasis, där man visar på att mera effektiva tekniska system t.ex. inom trafiken inte leder till en ökad säkerhet.<sup>9</sup>

Om kraftverken går bra är de också mera säkra, eftersom varje transient för med sig ett ökat riskbidrag. En lugn och händelselös drift ger också personalen mera tid för förebyggande verksamhet. Om ekonomin är god kan man investera i ytterligare säkerhet. Om man får problem kan man lätt råka in i en ond cirkel så att problem ger en sämre ekonomi och en högre arbetsbörda vilket i sin tur igen genererar ännu mera problem.

Ett resultat av ökad drifterfarenhet är att man får en bättre uppfattning om var gränserna går. Det leder ofta till att man försöker optimera genom att utnyttja de marginaler man har. Om man då inte helt har förstått alla underliggande mekanismer och orsaker, kan detta leda till att ändringar som är drivna av ekonomiska motiv gör att någon av de kritiska säkerhetsmarginalerna blir alltför knapp.

Driften av kärnkraftverk är en affärsverksamhet som många andra. Kärnkraftindustrin har via utvecklingen av nya säkerhetskrav ibland drabbats av oförutsedda utgifter. Trots det har man lyckats bibehålla kärnkraften som ett ekonomiskt attraktivt sätt att generera elektricitet. Att man idag ser de stora investeringarna i moderniseringen av kraftverken som motiverade, beror på att man fortfarande har en förväntning om tillräckligt många driftår. Om detta antagande inte mera gäller, dvs. om inte en positiv finansieringsbild kan upprätthållas, kan tilltagande säkerhetsproblem i kärnkraftaggregaten bli en självuppfyllande profetia.

### 3.5.2 Arbete, kapital och naturresurser

Satsningen på olika aktiviteter inom säkerhetsarbetet måste, liksom inom alla andra aktiviteter, vara i balans med väntade förbättringar. En satsad personmånad på erfarenhetsåterföring måste t.ex. kunna ge ungefär samma effekt på säkerheten som en personmånad satsad på utbildning. En sådan balans måste finnas, eftersom man annars genom att allokera om existerande resurser skulle kunna erhålla en bättre säkerhet med samma insats.

På samma sätt kan man argumentera för att det skall löna sig att satsa resurser på att bygga upp säkerheten i samhället. Man får visserligen då ta i beaktande att en utgift i dag inte kan ge en förväntad utdelningen förrän senare. Man får därför också beakta tidsaspekten i satsningar man gör. För detta ändamål använder man sig vanligtvis av en diskonteringsränta, med vilken man jämför en kostnad i dag med en utdelning i framtiden. Om denna ränta är låg kan man göra långsiktiga investeringar, men om den är hög blir man mera kortsiktig i sitt agerande.

Med en ökande befolkning på jorden blir det alltmera viktigt att hushålla med naturresurser. Utan att gå mera in i detaljer kan man dock säga att kärnkraften bortsett från sitt riskbidrag är mycket miljövänlig. På grund av energiinnehållet i uran behöver man varken i bränsle- eller avfallshanteringen ha att göra med stora mängder material. Kärnkraften lämnar heller inte något bidrag till en global klimatförändring.

### 3.5.3 Samhället

Det kan i detta sammanhang även vara skäl att poängtera att kärnkraftverket kräver ett ordnat samhälle. I de nordiska länderna tar man ofta ett ordnat samhälle som en

självklarhet, men i ett större perspektiv är det inte alltid så. Endast ett ordnat samhälle kan ge den nödvändiga infrastrukturen av lag och ordning, medborgarsäkerhet, fungerande ekonomi, utbildning, osv. Om inte denna infrastruktur fungerar kan igen riskerna med att driva ett kärnkraftverk bli för höga.

## **3.6 Kontakter till allmänheten**

### **3.6.1 Att förklara kärnkraftsäkerhet**

Samhällets inställning till kärnkraften påverkar säkerheten både direkt och indirekt. En minskad finansiering av forskningsverksamhet kan på några få år föra med sig ett betydande avbräck i en fortlöpande kompetensutveckling. En allmänt negativ inställning kan föra med sig att ungdomar aktivt väljer att inte engagera sig i branschen. En negativ inställning inom media, kan föra med sig en situation där kraftbolag och myndigheter får leva i en ständig skräck för osakliga påståenden och breda generaliseringar som undergräver insatser för att skapa ett förtroende för branschen.

Man kan genom informationsspridning till politiker och en bred allmänhet påverka kärnsäkerhetsarbetet indirekt. Om informatörer hos myndigheter och kraftbolag klarar av att upprätthålla en positiv bild av verksamheten är risken för osakliga påhopp mindre. Kontakten till allmänheten är något som alla i branschen får leva med. Man är påpassade och det intryck man ger i smått om sitt arbete kan påverka uppfattningen också i stort.

Problemet med att förklara kärnkraftsäkerhet är att teknologin och de kontrollsystem man använder är så komplicerade att det är svårt att förklara på ett enkelt sätt hur de fungerar. Om branschen kunde få något slag av övergripande modell av hur säkerhetsarbetet fungerar kunde det hjälpa i kommunikationsprocesserna. Om man dessutom kunde nå ett samförstånd om vad denna modell innebär kunde det kanske också bli lättare att förklara vad det betyder att en anläggning är tillräckligt säker.

### **3.6.2 Förtroende och tillit**

Kärnkraftsäkerheten måste bygga på förtroende och tillit. Om inte branschen kan skapa ett förtroende hos en upplysta allmänhet, blir det mycket svårt att bibehålla den höga kvalitet som man nu är van vid. För att bygga upp förtroendet skulle man behöva begåvade popularisatorer, som tillräckligt konkret kan förklara varför de är övertygade om att kärnkraftverken är säkra.

När man försöker bygga upp allmänhetens förtroende för en ny teknologi är det lättare om det finns ett levande intresse för ämnet. Om man istället måste starta i en situation där förtroendet från början är dåligt blir det mycket svårare. Representanter från kärnkraftbranschen åtnjuter tyvärr ofta ett dåligt förtroende, vilket betyder att insatsen kan bli stor innan ett förtroende kan byggas upp. Man måste också komma ihåg att ett förtroende kan raderas mycket lätt, medan det är betydligt svårare att bygga upp ett förtroende som gått förlorat. Den debatt som förts har inte alltid varit ägnad att bygga

upp ett förtroende för branschen. Det kunde vara intressant att försöka förstå vad som påverkar ett förtroende och vilken typ av sakkunskap som behövs i en kommunikationsprocess som riktar sig mot en upplyst allmänhet.

I en kommunikationsprocess måste man beakta att vissa ord är känslomässigt laddade och att de därför blir tabu. Man måste dock akta sig för att odla en kärnkraftliturgi där man endast använder intetsägande ord trots att mera laddade ord skulle vara korrekta.

### **3.6.3 Politiker och beslutsfattare**

Kontakten till politiker och allmänhet har påverkat branschen och kommer säkert att göra det även i fortsättningen. Ibland kan det tyckas att ingenting man gör är rätt. Om man berättar om problem, så ser utomstående det som ett bevis på att kärnkraften inte är säker. Om man inte berättar om problem, anses man försöka sopa dem under mattan. I ett långtidsperspektiv är dock den enda realistiska strategin att öppet berätta om allting som händer. Endast genom att tålmodigt förklara, kan branschen vänta sig att ett förtroende skall kunna byggas upp.

Den modell som man använder sig av vilar på öppenhet och kommunikation mellan kraftbolag och myndighet. Visserligen kan redan det faktum att myndigheterna diskuterar med kraftbolagen, av en kärnkraftmotståndare, tolkas som ett tecken på ett missförhållande. Man kan hoppas att både förespråkare och motståndare skall kunna föra en rationell argumentering. Endast en tillräckligt ansvars-kännande dialog kan bygga upp ett nödvändigt förtroende. En hänsynslös kulsprutejournalistik kan endast skapa ett onödigt motsatsförhållande, med den följd att branschen blir mera sluten.

Branschen har försökt sprida information i synnerhet till politiker och beslutsfattare. Det har ibland uppfattats som en lobbyverksamhet, som inte är trovärdig. Att hitta institutioner som har nödvändig trovärdighet i kärnkraftfrågor är inte lätt. De som vet något anses ofta handla i ett eget intresse. Vad som behövs är en bättre vilja från alla parter att lösa de svåra frågor som är kopplade till energiförsörjning och mera allmänt till naturresurser i en konstruktiv dialog. En konstruktiv dialog kan inte uppstå i ett klimat av kortsiktiga övervägningar och personliga intressen.

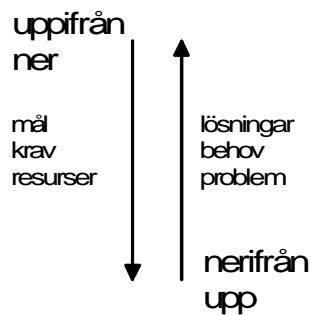
## **4. KONSTRUKTION FÖR SÄKERHET**

### **4.1 Systematisk planeringsverksamhet**

#### **4.1.1 Strategisk planering**

Kärnkraftens säkerhet bygger i en stor utsträckning på en systematisk planeringsverksamhet i olika former. Denna verksamhet skiljer sig inte så mycket mellan kärnkraftindustrin och företagsvärlden i övrigt. Den systematiska planeringsverksamheten speglar snarare en praxis för hur man arbetar. I den strategiska planeringen ställer man horisonten tillräckligt långt fram i tiden så att behövliga styråtgärder kan sättas in i tillräckligt god tid. Strategisk planering genomförs vanligen så att man i organisationen försöker bedöma *styrka, svagheter, möjligheter* och *hot*. Utgående från dessa formulerar man en vision av framtiden och en väg som för fram till de mål man ställt upp.

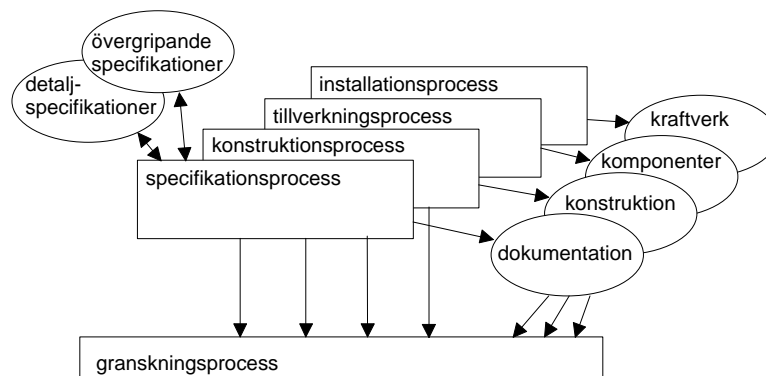
Denna planeringsverksamhet strävar till att samla upp idéer och initiativ nerifrån, samtidigt som man uppifrån kommunicerar och bryter ner övergripande mål i hanterliga delmål (Figur 6.). Den strategiska planeringen är viktig för säkerhetsarbetet. En utgångspunkt för den strategiska planeringen är investeringsplaner på lång sikt som kraftföretagen utarbetar. Man gör prioriteringar, man allokerar resurser och man försöker se till långsiktiga behov.



**Figur 6** Den systematiska planeringsverksamheten definierar mål, krav och resurser i en process uppifrån och ner samt samlar lösningar, behov och problem i en process nerifrån och upp.

#### 4.1.2 Konstruktionsprocessen

Kärnkraftaggregatens konstruktionsprocess syftar till att få en så bra anläggning som möjligt. Konstruktionsprocessen går igenom många olika steg där man från mera övergripande specifikationer småningom arbetar sig till en detaljkonstruktion. Specifikationer fungerar som underlag för en konstruktion, som beskrivs i ritningar och annan dokumentation. Dessa används sedan för att tillverka komponenter, uppföra byggnader och genomföra installation av komponenterna. Konstruktionsarbetet granskas i flera skeden så att man kan upptäcka och korrigera brister (Figur 7.).



**Figur 7** Specifikationer tas fram i en specifikationsprocess. De fungerar som underlag för en konstruktionsprocess, som utarbetar ritningar och annan dokumentation. Kraftverket byggs sedan upp av komponenter som installeras på kraftverket. Alla skeden granskas i en granskningsprocess.

I konstruktionsarbetet får man ta hänsyn till och försöka konstruera bort olika hot för säkerheten. Man skiljer vanligen mellan inre och yttre hot. De inre hoten förmedlas av tekniska brister i anläggningarna, mänskligt felhandlande, brand och översvämningar. Yttre hot kan uppstå genom extrema väderförhållanden, jordbävningar och flygplanskrascher, men också genom sabotage och terrorverksamhet.

En väl strukturerad konstruktionsprocess är ett nödvändigt, men inte tillräckligt, villkor för att få en god konstruktion. Reaktorleverantörerna har blivit mycket skickliga i att driva en systematisk och effektiv konstruktionsprocess. Det är fördelaktigt om man kan bygga in en granskningsbarhet i konstruktion och dokumentation. I praktiken betyder denna att man dokumenterar sambandet mellan krav och tekniska lösningar alltefter konstruktionen framskrider.

### 4.1.3 Driftplanering

Strategiska planer går in i en andra fas när verksamhetsplaner och budgeter utarbetas. De ger ett stöd för den operativa styrningen under verksamhetsåret. I verksamhetsplanerna går man igenom pågående projekt och gör en inventering av projekt som drivs och skall startas under året. Projekten är orienterade mot specifika mål och drivs vanligtvis utanför den vanliga linjeorganisationen. En del av projekten kan löpa över flera år.

Verksamhetsplanerna följs upp med årsberättelser och analyser av orsaker till skillnader mellan planer och utfall. Om analyserna visar på problem, kan man i senare strategiska planer och verksamhetsplaner ta upp projekt som syftar till att lösa dem.



I driftplaneringen ingår många mera detaljerade planeringsprocesser. Man planerar produktionen fram till nästa revision och den planen beaktar man förväntad tillgång och efterfrågan på electricitet. Man optimerar bränsleladdningen så att man ofta i slutet av driftperioden får en stretch out där effekten faller för att härden inte mera har full överloppsreaktivitet. För arbeten mellan och under revisionerna använder man sig av dosplanering för att hålla sig under givna nivåer.

#### **4.1.4 Revisionsperioderna**

Planeringen av revisionsperioden, då man byter ut använt bränsle och gör underhållsarbete, är en av de viktigaste återkommande planeringsuppgifterna. Man strävar av driftekonomiska skäl efter att få revisionsperioden så kort som möjligt. Hur kort den egentligen lönar sig att göra den är en ekonomisk fråga, som hänger samman med priset på overtidsarbete och ersättande elektricitet. En kort revisionsperiod kräver en detaljerad tidtabell och en god koordinering av uppgifter som skall utföras. En alltför kort revisionsperiod kan ge problem med koordinering av olika aktiviteter, hård arbetsbelastning och en otillräcklig verifiering av arbeten om oförutsedda problem inträffar.

Man försöker vanligen lägga revisionerna till somrarna när man har en god tillgång till elektricitet i det sammankopplade nordiska elnätet. Man koordinerar revisionerna mellan kärnkraftverken i Finland och Sverige. Detta hänger ihop med tillgången på arbetskraft för de olika arbetena under revisionen. Man använder sig i stor utsträckning av samma personer som reser från revision till revision. Upp till tusen utomstående personer kan ibland delta i olika arbeten under en revision. Planeringen av en revision är organisatoriskt en krävande uppgift.

Under planeringen av en revision beaktar man tre övergripande mål. Först och främst ser man till att kylningen av härden och använt bränslet inte äventyras i någon fas av avställningen. Sedan ser man till att bränslet hanteras på ett säkert sätt vid förflyttningar och till sist försöker man ta i beaktande allt som kan påverka anläggningen under den kommande bränslecykeln. I serien av revisioner får man ytterligare ta hänsyn till den cykel av arbeten som görs med ett större intervall än ett år. Man måste också planera in ändringar man gör så att de inte påverkar andra arbetena.

#### **4.1.5 Linje- och projektorganisation**

Administrativa rutiner väljs så att man strävar efter både flexibilitet och stabilitet. Därför separeras ofta återkommande uppgifter från uppgifter av mera temporär karaktär. De återkommande uppgifterna ges till den vanliga linjeorganisationen, medan temporära uppgifterna genomförs i en projektorganisation. Linje- och projektorganisationerna har sina egna för- och nackdelar. Linjeorganisationen ger stabilitet och möjlighet att ackumulera kunskap, men flexibiliteten ofta är mindre än i en projektorganisation. I ett projekt kan man samla det kunnande som behövs, utan hänsyn till organisatoriska gränser.

Differentieringen mellan projektverksamhet och linjeorganisation är kopplad till problemlösande och förebyggande verksamhet. I säkerhetsarbetet försöker man arbeta förebyggande, eftersom man då kan undvika problem genom korrigerande insatser i ett tidigt skede. Projektverksamheten är mera anpassad för att ta hand om problem i den ordning de uppträder. På kärnkraftverken har man skrivit instruktioner för projektverksamheten antingen på ett generiskt plan eller för speciella stora projekt .

## **4.2 Säkerhetens byggstenar**

### **4.2.1 Barriärer och djupförsvar**

Principen om djupförsvar innebär som redan har sagts, att man bygger in flera oberoende barriärer mot oönskade händelser. De viktigaste barriärerna mot utsläpp av radioaktivitet är bränslet själv, bränslets kapsling, reaktorns tryckkärl och inneslutningen. En förutsättning för att dessa barriärer skall hållas intakta är att processtorheter såsom tryck och temperaturer håller sig innanför de gränser för vilka barriärerna är dimensionerade. Detta betyder att man genom styråtgärder, antingen manuella eller automatiska, måste se till att så är fallet. Styråtgärderna verkställs av säkerhetssystemen som har olika funktioner såsom begränsning av reaktoreffekten, isolering av reaktorsystemet och inneslutningen samt tillförsel av kylmedel till reaktorn.

### **4.2.2 Säkerhetssystem**

Säkerhetssystemen har till uppgift att hantera situationer driftstörningar och situationer där olika komponenter får fel. Säkerhetssystemens funktion reds ut i säkerhetsanalysen. De viktigaste säkerhetssystemen är reaktorns avställningssystem, reaktorinneslutningen, nödkylningssystemen för reaktorhärden kylning och systemen för att föra bort härdens resteffekt.

Man använder aktiva säkerhetssystem, som kräver signalering för att utlösas (även om utlösningen är automatisk) och särskild kraftförsörjning för att arbeta. Moderna säkerhetskoncept utnyttjar i ökande grad s.k. passiva säkerhetssystem. Dessa kräver ingen särskild utlösning eller försörjning, utan de utlöses och fungerar genom sin naturliga reaktion på de förändringar som de skall kontrollera. En behållare fylld med vatten under kvävgastruck avger t.ex. sitt vatteninnehåll till reaktorns primärsystem om detta blir trycklöst till följd av ett rörbrott. Passiva säkerhetssystem används redan nu i en viss utsträckning.

Valet mellan passiva och aktiva säkerhetssystem är inte självklart. Passiva kylsystem baserade på självcirkulation kan t.ex. ha relativt låg funktionalitet genom att drivkrafterna är små. Det är därför viktigt att värdera alternativen noga i varje tillämpning. De aktiva säkerhetssystemen har fördelen i att kunna aktiveras för olika ändamål närhelst det kan behövas.

Djupförsvarsprincipen tillämpas också på styrsystemen så att en första nivå strävar efter att hålla viktiga processvariabler inom tillåtna interval. När detta inte mera är möjligt

signalerar automatiska vakter att ett säkerhetssystem skall aktiveras. Säkerhetssystemens funktion är beroende av andra system på ett sätt som inte alltid är lätt att överskåda. Pumpar kräver elförsörjning och smörjning, ventiler kräver hjälpkraft, reglerutrustning kräver strömförsörjning, värmeväxlare kylning, osv. På kraftverken används olika hjälpsystem för att ta hand om sådana sekundärkrav på att säkerhetssystemen skall fungera. Då dessa, som t.ex. dieslarna, i sin tur kräver sina egna hjälpsystem får man en lång kedja av beroendeförhållanden, som måste vara intakt hela tiden. Denna beroendekedja är speglad i de säkerhetstekniska föreskrifterna och analyseras i detalj i PSAn.

### 4.2.3 Konsekvenslindrande system

Efter TMI-olyckan blev man överens om att djupförsvaret måste kompletteras med system som lindrar konsekvenserna vid en härdskada. Man måste då försäkra sig om att inneslutningens integritet kan upprätthållas även under svårare haverisekvenser.

I Sverige tillsatte regeringen en reaktorsäkerhetskommission år 1979 och den gav rekommendationer, som först tillämpades för Barsebäck. I Sverige valde man att installera system för filtrerad tryckavlastning av inneslutningen. Ett sådant system installerades 1985 för Barsebäck och liknande system färdigställdes 1988 vid de andra kraftverken. Samtidigt vidtogs åtgärder för att förstärka skyddet och förbereda procedurer för haveribekämpning. Åtgärderna var avsedda att begränsa utsläppet vid en allvarlig olycka till 0,1 % av härdinnehållet räknat på 1800 MW<sub>t</sub> reaktoreffekt. Detta krav på utsläpps begränsning syftade i första hand till att begränsa omfattningen av markkontamineringen vid olyckor, men tillgodosåg samtidigt kravet på att inga akuta dödsfall i strålsjuka skulle förekomma. Kravet har senare i huvudsak tillämpats internationellt och motsvarar det som ställts i den senaste utgåvan av EUR (European utility requirement).

I Finland startades också diskussionen om konsekvenslindrande system efter TMI-händelsen. En ny övergripande YVL-guide trädde i kraft 1982. I Finland sattes också utsläppsgränsen till 0,1% av härdinventariet, men denna gräns konverterades senare till ett kraftverk på 1000 MW<sub>e</sub> eller till 100 TBq. Kravet skrevs in i Stadsrådets beslut från 1991.

TVO gick in för ett liknande system som de svenska kokvattenreaktorerna, dock med den skillnaden att man förlitar sig mera på manuella ingrepp i en olyckssekvens. I Lovisa har man i stället för en filtrerad tryckavlastning gått in för ett koncept där man vattenstrilar den inre stålslutningen utifrån så att man på det sättet kan begränsa en långsam tryckökning. För att hindra en genomsmältning av reaktortanken avser man att införa ett system där man kan kyla den utifrån.

### 4.2.4 Haveriberedskap

Enligt djupförsvarsprincipen räcker det inte med att göra sannolikheten för ett haveri tillräckligt liten, utan man måste också bygga in en haveriberedskap. Denna förverkligas på flera nivåer så att man har en beredskapsplan, olika tekniska system som stöder haveriberedskapen och genomför haveriövningar som verifierar att haveriberedskapen fungerar. I beredskapsplanen ingår detaljerade planer för att mäta strålningsnivåer, informera, meddela anvisningar om intag av jodtabletter och vid behov sköta evakuering.

För att inte en enskild händelsekedja skall slå ut kontrollrummet genom utsläpp av radioaktivitet eller brand, kräver man att kärnkraftaggregaten utrustas med en reservmanöverplats, från vilket man kan säkerställa att reaktorn kan avställas samt hållas underkritisk och kyld också om det ordinarie kontrollrummet måste utrymmas.

Efter olyckan på TMI insåg man att kontrollrummet måste fredas under ett haveri och man ställer nu ett krav om att ett utrymme skall finnas tillgängligt, som kan bemannas av experter och personer som håller kontakten till omvärlden. Detta utrymme kallas vanligen en teknisk stödcentral och den har utrustning som gör det möjligt att erhålla information om de för säkerheten kritiska parametrarna.

Även myndigheten har en beredskapscentral som bemannas vid haverilägen. I Sverige finns sådana vid var och en av de separata myndigheterna för säkerhet (SKI) och strålskydd (SSI). Härifrån sköts kontakterna med det berörda verket, övriga myndigheter och organisationer samt media. I Sverige leds räddningsarbetet i sin helhet från länsstyrelsen i det län den berörda anläggningen ligger.

I Finland leds räddningsarbetet av det lokala räddningsverket, som upprätthåller kontakter till länsstyrelsen, inrikesministeriet och STUK. STUK sköter sin kontakten från en egen beredskapscentral, dit man med datalinjer får viktiga parametrar direkt från kraftverket och dess omgivning. Alla inblandade parter har dessutom tillgång till de radioaktivitetsmätningar man från ett automatiskt nät bestående av flera hundra mätstationer runt om i Finland.

#### **4.2.5 Fysiskt skydd**

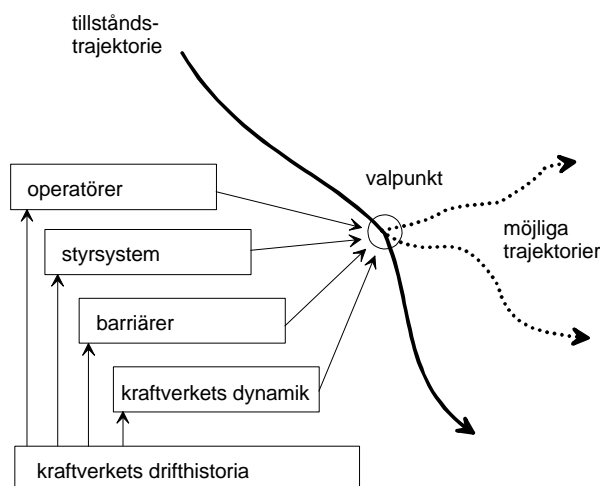
Kärnkraftverken måste också skydda sig mot angrepp som är avsedda att skada. Det finns alltid en möjlighet att personer av olika orsaker försöker skada en anläggning. Ett yttre skydd måste därför kombineras med ett inre skydd, eftersom det alltid finns en möjlighet att en sabotör på något sätt nästlar in sig i anläggningen. En öppenhet är viktig för att man skall kunna hantera säkerheten, men det är också viktigt att inse att detaljerade redogörelser för på vilket sätt kraftverket är sårbart, kan föra med sig nya hot.

Ett närliggande krav som IAEA övervakar internationellt är att se till att inte klyvbart material försvinner på obekanta vägar. För detta ändamål har man installerat olika övervakningssystem och säkerhetsåtgärder vid kärnkraftverken.

## 4.3 Säkerhetsanalys

### 4.3.1 Säkerhetsanalysens syfte och verktyg

I säkerhetsanalysen klarläggs och verifieras de faktorer som har betydelse för säkerheten. Säkerhetsanalysen har under åren kommit att innehålla flera olika aspekter, så att man nu ofta talar om olika typer av säkerhetsanalyser. I granskningen av säkerhetsanalyserna övertygar man sig om att uppsatta säkerhetsmål kan nås och att säkerhetsanalysen är täckande och riktigt gjord. I säkerhetsanalyserna analyseras också samspillet mellan människorna i anläggningen och de tekniska systemen. En noggrann inventering av möjliga inledande händelser och påföljande händelsekedjor är en grundläggande komponent i alla delar av säkerhetsanalysen. Man kan säga att säkerhetsanalysen utgör en förenklad modell av hur olika faktorer påverkar en händelsesekvens, på så sätt att man ersätter ett i princip oändligt antal förgreningspunkter längs en trajektorie med ett ändligt antal sådana (Figur 8.).



**Figur 8** Kraftverkets tillstånd beskrivs i ett kontinuum en trajektorie som vid varje tidpunkt påverkas av kraftverkets dynamik, barriärer, styrsystem och operatörer. Beroende på summan av denna påverkan kan trajektorien förgrena sig på olika sätt. Säkerhetsanalysen gör en förenkling så att man endast behandlar ett begränsat antal av dessa förgreningspunkter för några väldefinierade randbetingelser.

De olika säkerhetsanalyserna integreras vanligen i ett speciellt dokument, den slutliga säkerhetsanalysen, FSAR. Den slutliga säkerhetsanalysen är vanligtvis mycket omfattande och utgör ett referensdokument när kraftverket beviljas drifttillstånd. FSAR är föremål för kontinuerlig uppdatering efter hand som ändringar och säkerhetsförbättringar förs in på anläggningen.

### 4.3.2 Deterministisk säkerhetsanalys

Deterministisk säkerhetsanalys går ut på att genom analyser och beräkningar bestämma vilka krav som måste ställas på säkerhetssystemen för att de skall kunna uppfylla sina säkerhetsfunktioner. Det kan t.ex. röra sig om nödkylsystemens kapacitet och utformning för att bränslet skall kunna hållas kylt om den normala kylningen har gått förlorad t.ex. genom rörbrott i reaktorns primärsystem.

De modeller man använder sig av i analysarbetet är nu så bra att man beräkningsmässigt med stor noggrannhet anser sig kunna hantera de sekvenser som t.ex. via rörbrott leder fram till att kylningen för reaktor är hotad. Om säkerhetssystemen trots allt skulle felaktigt kan härskador uppstå, som i värsta fall kan leda till en genomsmältning av reaktortanken. Förståelsen för dessa fenomen är inte lika bra, varför forskning och experiment nu riktas mot att skapa en bättre förståelse av dem.

### 4.3.3 Experimentell validering

Säkerhetsanalysen kräver en detaljerad modellering av olika fenomen. Man har sedan kärnkraftens barndom räknat på dessa fenomen med hjälp av datorer. Med tiden har man tagit fram mer eller mindre standardiserade beräkningsprogram eller datorkoder, med vilka man gör beräkningar av bränslets och kylmedlets beteende i olika situationer. Dessa datorkoder är en central komponent i dimensioneringen av reaktor och dess skyddssystem. Datorkoderna baserar sig på fysikaliska samband, som man efterbildar så noggrant som möjligt. Valideringen av dessa datorkoder är en viktig komponent i säkerhetsarbetet. För att validera beräkningsmodellerna, dvs. kontrollera att de avbildar verkligheten på ett riktigt sätt, krävs omfattande experiment, både i modell- och full skala och under betingelser som är så verkliga som möjligt. Genom att definiera ett användargränssnitt, som ger kodanvändaren en möjlighet att definiera en experimentell ansats, kan man avbilda en vid skala av experiment. Tanken är då att man genom att visa att man kan beskriva experiments förlopp i en stor detalj, får en visshet i att datorkoderna beskriver verkligheten på ett riktigt sätt.

Man har internationellt byggt många anläggningar för sådana experiment. Bland de viktigaste kan nämnas de sk. LOFT anläggningarna i USA som har använts för att undersöka vad som händer om man förlorar kylningen i en reaktor. I Finland har en sådan experimentell anläggning byggts i Villmanstrand med vilken man kan studera förhållandena i en VVER-reaktor. Genom att man i Finland för kärnkraftverket i Lovisa inte i samma utsträckning som annanstans kunde använda sig av sådant som utvecklats i väst, fick man satsa på att utveckla ett eget kunnande. Det ledde till att egna datorkoder utvecklats bl.a. för att beräkna vad som händer i en LOCA-transient. APROS-programmet som utvecklats på basen av denna kompetens har väckt ett internationellt intresse. IVO har drivit ett omfattande forskningsarbete inom området för svåra haverier, som bl.a. syftat till att utreda vätgasproblematiken och hur man kan kyla ett reaktorkärl från utsidan som innehåller en smälta.

I Sverige har ABB Atom utvecklat sina egna konstruktions- och analysprogram av vilka kan nämnas datorkoden BISON och olika härddanalysprogram. Olika försökskretsar har byggts i Studsvik och Västerås. I samband med de konstruktionen av systemen för den

filtrerade tryckavlastningen gjordes omfattande försök i det sk. FILTRA-projektet. I Marviken-försöken som har varit ett internationellt samarbete har man sett ut hur inneslutningen uppför sig. Annat internationellt samarbete har gjorts inom de amerikanska LACE- och MACE-projekten där både Finland och Sverige har deltagit. I samband med ett ökat intresse för svåra haverier med en partiell eller total nedsmältning av kärnan, har man också intresserat sig för vad som händer när smältan träffar reaktortanken. På KTH i Stockholm driver man ett ambitiöst experimentellt program för att utreda vad som händer vid en genomsmältning av reaktortanken.

#### 4.3.4 Probabilistisk säkerhetsanalys

Den probabilistiska säkerhetsanalysen (PSA) syftar till att klarlägga vilka händelseförlopp som kan leda till kärnhaveri utgående från fel som kan uppstå i säkerhetssystemen och deras hjälpsystem. Analysen bygger på en förenklad modell av reaktorns säkerhetssystem där möjliga fel modelleras som förgreningspunkter i ett händelsetråd så att en säkerhetsfunktion antingen antas fungera eller ha fel. Genom den omfattande felstatistik som den systematiska erfarenhetsåterföringen ger, är det möjligt att bedöma sannolikheten för enskilda förgreningspunkter och således också sammantaget för ett sluttillstånd t.ex. kärnskada. PSA ger en möjlighet att identifiera komponenterna i säkerhetssystemen efter deras betydelse för säkerheten, så att möjliga fel kan förebyggas på ett systematiskt sätt. Med PSAn kan man också kontrollera att säkerhetssystemen uppfyller enkelfelskriteriet.

PSAn har som alla modelleringsmetoder sina egna begränsningar. Ett problem är att förvissa sig om att analysen är tillräckligt fullständig. Om en viktig händelsekedja inte finns med i modellen får man alltför optimistiska uppskattningar om säkerheten och man kan prioritera fel när man inför förbättringar. Två andra problem är fel med gemensam orsak och mänskliga misstag. Ett fel med gemensam orsak kan slå ut flera redundanser samtidigt, vilket då betyder att enkelfelskriteriet inte gäller. Mänskliga misstag är svåra att integrera i analysen dels för att möjligheterna till fel är så många och dels för att en kvantifiering av felsannolikheterna är svår att göra.

Mänskliga fel kan i analysen modelleras som uteblivna åtgärder och ingrepp (errors of omission), t.ex. bortglömd basläggning eller utebliven manövrering och för vissa former av felaktiga åtgärder (errors of commission). Erfarenhetsunderlag finns för att ge en kvantitativ uppskattning för sannolikheten av enklare sådana fel, men osäkerheterna kan vara betydande eftersom många faktorer påverkar såsom uppgiftens karaktär, arbetsförhållanden, organisation och säkerhetskultur. Till detta kommer en betydande osäkerhet på grund av att det kan vara frågan om ett komplicerat samspel mellan olika typer av felhandlande både före och under händelsesekvensen.

Inom kärnkraftindustrin talar man vanligen om PSA på tre olika nivåer. Nivå 1 betyder att man gör en bedömning av risken för kärnskada, nivå 2 att man räknar fram en utsläppsterm dvs. hur många procent av kärnans radioaktivitet som slipper ut ur inneslutningen och nivå 3 att denna utsläppsterm kombineras med lokala förhållanden för att få en uppskattning av konsekvenser i form av skador på omgivningen. I Finland och Sverige har man redan fullföljt PSAn på nivå 1 och nivå 2 studierna är så gott som

färdiga. En PSA på nivå 3 är inte aktuell vare sig i Finland eller Sverige, eftersom PSAn på nivå 1 och 2 räcker för att verifiera de krav som ställts på inneslutningens funktion i en haverisekvens.

## 4.4 Konstruktions- och driftförutsättningar

### 4.4.1 Standarder inom kärnkraftområdet

Konstruktionskrav- och driftförutsättningarna finns samlade i standarder, normer och riktlinjer utarbetade av standardiseringsorganisationer såsom IEC, ISO, ANSI, ASME och IEEE. En internationell standard för säkerhetsprinciper (safety fundamentals), säkerhetsföreskrifter (safety codes) och rekommendationer (safety guides) har utarbetats av IAEA. IAEOAs säkerhetsstandard är avsedd att vara förebild för nationella säkerhetskrav och den har i en viss utsträckning också använts för detta ändamål. Standardens betydelse ligger dock mera i den roll den spelat för att internationellt skapa en enhetlig syn på säkerhetsfrågor. Standarderna utarbetas vanligen i arbetsgrupper där medlemmarna skriver och kommenterar utkast. När utkastet har fått en tillräcklig mognad skickas de för kommentarer till alla medlemsorganisationer. Efter att kommentarerna inarbetats antas standarden efter ett röstningsförfarande.

Avsikten med standarderna och riktlinjerna är att få en form för att systematiskt ta tillvara erfarenhet och att göra konstruktions- och analysarbetet lättare. Lösningar är också lätta att granska när man har en standard att granska mot. Standardiseringsarbetet går tyvärr framåt ganska långsamt. En risk i standardiseringsarbetet är att man kan fastna vid tekniskt omogna lösningar med krav på en detaljnivå om utvecklingen inom ett område går mycket snabbt.

### 4.4.2 Klassning

För att uppnå och upprätthålla en hög kvalitetsnivå vid uppförande och drift av en kärnkraftanläggning, är samtliga system, komponenter och byggnadsdelar indelade i klasser med hänsyn till deras säkerhetsmässiga betydelse för att hindra utsläpp av radioaktivitet. Klassningen syftar till att differentiera och styra kvalitetssäkringsinsatserna mot de delar som har betydelse för säkerheten.

Säkerhetsklassningen är den övergripande indelningen av all kärnkraftutrustning efter dess betydelse för reaktorsäkerheten. Primärt indelas anläggningens tryck- och kraftbärande anordningar i olika *säkerhetsklasser*. Säkerhetsklassen styr *kvalitetsklassningen* som anger kraven av mekanisk utrustning och *funktionsklassningen* som styr kraven på elektrisk utrustning. För de delar anläggningen som dimensionerats för jordbävning anges dessutom *seismisk kategori*. Den seismiska kategorin anger hur utrustningen dimensionerats med hänsyn till jordbävning.

Klassningsprincipen som har tillämpats i svenska kärnkraftverk följer i allt väsentligt det amerikanska regelverket (USNRC 10CFR50 Appendix A, USNRC Regulatory Guide, ANSI/ANS standards, IEEE standards etc). I Finland använder man sig av tre



säkerhetsklasser och en extra klass för system som inte anses ha säkerhetsbetydelse. De finländska klssningsprinciperna är definierade i YVL 2.1.

#### **4.4.3 Miljökvalificering**

På kärnkraftverken förekommer säkerhetsrelaterad utrustning som måste uppfylla vissa krav på miljötålighet (strålning, temperatur, tryck, fukt, acceleration) under normala förhållanden och vid haverier. Kvalificeringskraven definieras i standarder, så att t.ex. för vissa säkerhetssystem ställs krav på att utrustning tillhörande elektrisk funktionsklass 1E skall användas. Kraven på hur sådan utrustning skall kvalificeras framgår av exempelvis IEEE-standarder. Med denna kvalificering får man en säkerhet att den utrustning som man använder kommer att klara av de miljöförhållanden som kan uppträda under ett olycksförlopp. Miljökvalificeringen är ett sätt att försäkra sig om att inte fel med gemensam orsak skall slå ut kritiska system. Eftersom kvalificeringsprocessen också innehåller ett stort antal tester, kommer man att verifiera att komponenterna faktiskt klarar av de förhållanden för vilka de är konstruerade.

#### **4.4.4 Säkerhetstekniska föreskrifter**

De säkerhetstekniska föreskrifterna (STF) är ett kravdokument som utformas av konstruktörerna när en anläggning konstrueras. Med dokumentet försöker man också specificera tillstånd och antaganden som definierar grunderna för den deterministiska säkerhetsanalysen. Dokumentet anger säkerhetsvillkor för att tillåta drift, krav på driftklarhet hos säkerhetsutrustning, gränser för tillståndsparametrar, utsläpps begränsningar, krav på övervakning, bemanning i kontrollrum, osv. STF innehåller också olika driftbegränsningar och de längsta tillåtna reparationstiderna för säkerhetsrelaterade komponenter. STF integreras vanligen till en del av den slutliga säkerhetsanalysen (FSAR). STF används i Sverige som ett underlag i rapporteringen av händelser.

För att STF skall fungera på ett effektivt sätt bör de vara förankrade i en känd och analyserad driftbild. Man har då lättare att se vad en avvikelse kan betyda i form en ökad risk. STF bör vara balanserade och riktiga så att man genom dem faktiskt minimerar riskbilden. PSA metodik har vid detaljerade undersökningar ibland visat att så inte alltid är fallet och man får då bedöma behovet av att modifiera reglerna. STF bör bestå av en hanterbar mängd regler, som är dokumenterade och understödda i instruktioner och kontrollrumsutrustning.

### **4.5 Kvalitetssystem**

#### **4.5.1 Grunderna för kvalitetstänkandet**

I kvalitetsverksamheten utgår man från en beskrivning av vad som är en tillräcklig kvalitet. Från denna utgångspunkt utarbetas ett administrativt system som ser till att

denna kvalitet kan nås. Till kvalitetsverksamheten hör också att man med regelbundna mellanrum genomför auditeringar för att se att alla rutiner faktiskt genomförs på definierat sätt. IAEA har utarbetat riktlinjer för hur kvalitetssystemen bör utformas.

För den tillverkande industrin har standardiseringsorganisationen ISO har givit ut den sk. 9000-serien av standarder som beskriver hur kvalitetssäkringssystem bör fungera. Man kan av ett certifieringsorgan anhålla om att få ett certifikat på att kvalitetssäkringen fungerar på beskrivet sätt. Ett kvalitetscertifikat som en leverantör av en produkt har, kan ge kunden en viss säkerhet i att produkten uppfyller specierade kvalitetskrav.

Kvalitetssystemet skall vara förankrat tillräckligt högt upp i organisationen och skall vara definierat i ett policydokument. Systemet skall vara känt och accepterat av organisationen så att alla som arbetar inom organisationen bär ett ansvar för att systemet efterlevs. Det är också lämpligt att det i en stabsfunktion finns personer som övervakar systemet. Tidigare har denna kvalitetsavdelning kunnat vara ganska stor, men nu har man ofta flyttat ut kvalitetsverksamheten till linjeorganisationen. Motiveringen är bl.a. att man ökar kvalitetsansvaret och får en snabbare återkoppling vid kvalitetsavvikelser.

I Finland krävs ett kvalitetssystem redan i lagstiftningen och en YVL-guide ger närmare riktlinjer för hur det bör vara utformat. I Sverige kommer SKI att skriva en föreskrift för kvalitetssystem.

#### **4.5.2 Kvalitetssystemet i praktiken**

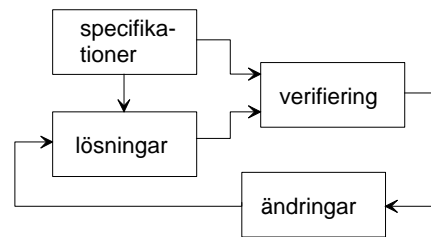
De kvalitetssystem man implementerat på kärnkraftverken skiljer sig i en viss utsträckning från varandra. Ibland har man valt att integrera kvalitetssystemet med sitt ledningssystem och i andra fall har kvalitetssystemet en mera traditionell utformning.

Kvalitetssystemet är beskrivet i en kvalitetshandbok som dokumenterar hur önskad kvalitet kan nås. Kvalitetshandboken uppdateras med jämna mellanrum på ett sådant sätt, att det är lätt att se vilka ändringar som har gjorts. Kvalitetshandboken specificerar också regelbundna auditeringar, med vilka man förvissas sig om att systemet efterlevs och fungerar.

En vanlig del av kvalitetssäkringsprocedurerna är att man använder sig av ett system där en person gör arbetet, en annan person granskar arbetet och en tredje person godkänner att det blivit gjort. Denna granskningsväg dokumenteras på dokumenten.

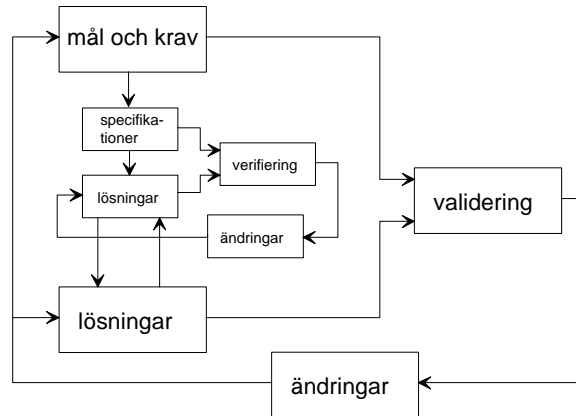
#### **4.5.3 Verifiering och validering**

Verifiering och validering av konstruktionslösningar är hörnstenarna i kvalitetssystem och säkerhetsarbetet. Med verifiering menar man det arbete som görs för att försäkra sig om att alla krav man ställt faktiskt är speglade i de lösningar man valt. Vid verifiering granskar man att valda lösningar uppfyller givna krav och initierar ändringar om så inte är fallet. Verifieringsprocessen använder sig av analyser och granskningar (Figur 9.).



**Figur 9** Verifiering är en viktig komponent i kvalitetsprocessen, där man försäkrar sig om att specifikationerna är uppfyllda.

Valideringen försöker på ett mera övergripande sätt se om valda lösningar är ändamålsenliga. En validering innehåller alltid en verifiering att kraven är uppfyllda, men gör också en bedömning om kraven är tillräckliga. För att göra en sådan bedömning behöver man mera övergripande krav som man jämför mot. I en hierarki av krav kan man säga att valideringen också avser att verifiera att övergripande krav tolkas på ett riktigt sätt i de mera konkreta kraven. En valideringsprocess stöder sig på all information som kan göras tillgänglig om det system som skall valideras (Figur 10.).



**Figur 10** Validering är en process som är närbesläktad med verifieringen, där man på ett mera övergripande sätt försäkrar sig om att valda lösningar är ändamålsenliga.

#### 4.5.4 Organisationshandböcker och befattningsbeskrivningar

Man har på kärnkraftverken infört en långt gående formalisering av rutiner och praxis. Rutiner och fördelningen av ansvar är också noggrant dokumenterade. Genom formaliseringen får man en bättre predikterbarhet av ingrepp och åtgärder. Formaliseringen gör det också möjligt att bygga upp en beredskap mot oönskade händelser genom väl-analyserade instruktioner och handlingsplaner. Man försöker också se till att händelsesekvenser är väl definierade i tillstånd och motåtgärder.

Administrativa rutiner formuleras i en organisationshandbok som också kan innehålla beskrivningar av uppgifter och ansvar för olika befattningar. Myndigheterna kräver att sådana beskrivningar finns. I Finland innehåller YVL-guiderna ganska detaljerade krav på dokumentationen i detta avseende. Organisationshandboken ger också en referens till andra rutiner såsom instruktioner och procedurer. Det finns vissa skillnader mellan kraftbolagen i hur de skrivit sina instruktioner.

#### 4.5.5 Systemet med arbetsorder och arbetstillstånd

Dagliga rutiner på ett kärnkraftverk hanteras i ett system med arbetsorder och arbetstillstånd. En arbetsorder är ett formellt dokument som beordrar att ett visst ingrepp görs på något system. På samma sätt är ett arbetstillstånd det formella beslut att åtgärden får genomföras. I systemet ingår en lång rad av granskningar som ser till att nödvändiga och tillräckliga villkor för att genomföra arbetet föreligger. Systemet ser till att alla arbeten blir dokumenterade och att man har en tillräcklig koordinering mellan dem. Genom systemet tvingas man att göra olika säkerhetsbedömningar bl.a. utgående från strålskydds- och brandsäkerhetskrav. Systemet sköts från kontrollrummet och man försäkras sig därmed om att operatörerna hela tiden är medvetna om vad som pågår i olika delar av kraftverket.

### **4.5.6 Driftklarhetsverifiering**

När man startar upp eller ställer av ett kärnkraftaggregat går man igenom många steg. Innan man kan gå vidare från ett steg till ett annat måste man förvissa sig om att alla åtgärder har blivit utförda och om att nödvändiga processvillkor är uppfyllda. I instruktionerna skrivs olika checkpunkter in för att försäkra sig om att alla villkor är uppfyllda och nödvändiga system är driftklara innan man går vidare.

Man har försökt formulera klara regler för att man lätt skall kunna säga när ett system är driftklart. Driftklarhetsverifieringen är kopplad till de säkerhetstekniska föreskrifterna (STF) så att man i alla driftsituationer skall kunna vara säker på att nödvändiga barriärer är intakta. Trots att man på ett principiellt plan har mycket klara rutiner för att bedöma när ett system är driftklart, så kan det ibland finnas plats för tolkningar.

## **4.6 Dokumentationen**

### **4.6.1 Dokumentationens plats i säkerhetsarbetet**

Dokumentationen har en viktig plats i säkerhetsarbetet. Den har två funktioner att fylla, dels skall den kunna ge svar på frågor som uppstår i det dagliga arbetet och dels skall den ge en möjlighet att gå tillbaka till historisk information.

Dokumentationen måste hållas aktuell. Man får inte låta ändringar bli liggande utan att dokumenteras, eftersom detta kunde föra med sig att viktiga beslut görs på basen av föråldrade antaganden. Man måste också se till att viktig driftinformation kontinuerligt tas om hand och lagras i en sådan form att den är lätt tillgänglig.

På grund av dokumentationens centrala plats i säkerhetsarbetet har man i kvalitets-systemet infört olika rutiner för att säkerställa att uppdateringar förs in och att historisk information tas till vara. Man har på senaste tid diskuterat möjligheterna att i större utsträckning gå in för en datorisering av dokumentationen. För detta kunde man genomföra en noggrann begrepps- och informationsanalys, så att man kan bygga upp en logisk struktur som gör det möjligt att söka i dokumentationen på ett effektivt sätt. En strävan är att information definieras och matas in endast på ett ställe. Detta gör det möjligt att erhålla en konsistent dokumentation, samtidigt som man försäkras om att uppdateringar beaktas i alla delar av dokumentationen.

### **4.6.2 Beteckningssystemet**

Dokumentationen stöds av ett beteckningssystem med vilket man ger system, delsystem och komponenter unika koder. Dessa beteckningssystem har en viktig funktion genom att de erbjuder ett koncist system för att tala om komponenter samt beteckna dem i ritningar, i kontrollrummet och ute på kraftverket. De system man använder sig av har med undantag för Lovisa utvecklats av leverantören. Beteckningssystemet som används i Lovisa utarbetades enligt modell från tryckvattenreaktorer som byggts i Tyskland.

### **4.6.3 PI-ritningar och systembeskrivningar**

En viktig del av dokumentationen är process- och instrumenteringsritningar med vilka man beskriver hur rör, ventiler, pumpar och tankar är kopplade. Sättet att rita PI-ritningarna skiljer sig något mellan de olika leverantörerna. Man har på stationerna medvetet strävat efter att ge kontrollrumsoperatörerna ett stöd för minnet i mimik-diagram som påminner om PI-ritningarna.

Systembeskrivningarna beskriver ändamålet med system, de komponenter det omfattar, dess drifttillstånd och hur systemet förs från ett drifttillstånd från ett annat. Systembeskrivningarna kan innehålla en förteckning på fel som kan uppträda och de åtgärder som man då bör vidta. Beskrivningar på elförsörjning, automatik och kontrollutrustning är viktiga delar av systembeskrivningarna. Det kan ibland vara svårt att tillräckligt tydligt dokumentera hur system påverkar varandra i olika situationer.

I Sverige har stora projekt startats för att rekonstituera anläggningarna, dvs. gå genom och granska de konstruktionsförutsättningar som förelåg då när anläggningarna byggdes. Mycket av dokumentationen kommer att skrivas på nytt och kommer också överföras till datoriserade system. Projekten har en viktig kompetensbevarande effekt.

#### **4.6.4 Dokumenthantering och arkiveringsförfarande**

Hantering av dokument är vanligtvis definierad i kvalitetssystemet. Man använder sig av ett system med handläggare, godkännare och granskare. Man är också noga med att indikera hur mottagaren av ett dokument förväntas reagera så att man ger det för information, för kommentar eller som rekommendation.

Dokumentationen måste vara lättillgänglig för alla som behöver den, så att man inte frestas att lita på minnet. Man måste också se till att dokumentationen ändras i samband med att man gör ändringar på stationen. Regeln bör vara att man dokumenterar samtidigt som man gör ett arbete, men denna önskan har det ibland visat sig svårt att leva upp till. Man bör arkivera också gamla dokument, så att man kan spåra åtgärder som har gjorts på system eller komponenter. Man har, i synnerhet på de äldre stationerna, inte alltid levt upp till de krav man kan ställa på en god dokumentation och ett gott arkiveringsförfarande.

Dokumenthanteringen datoriseras i en snabb takt. Det betyder att det blir lättare att uppdatera dokumenten och att hitta i arkiven. Samtidigt får man ta ställning till de risker en ökad datorisering medför.

### **4.7 Människan och organisationen**

#### **4.7.1 Individen**

Den kanske allra största utmaningen för kärnkraftverken är att personalen sköts på ett sådant sätt att den trivs och är motiverad för sina uppgifter. Man måste kunna utbilda nya skickliga tekniker och ge dem intressanta arbetsuppgifter. Man måste utveckla sig så att det är lätt att kommunicera och att alla med sitt kunnande passar in på ett bra sätt i

organisationen. Man måste med olika typer av mönstringar samla in data och analysera organisationen för att hitta dolda problem. Individer och organisation måste skapa en stor självförståelse, men samtidigt undvika att förlora sig i en evig analys.

Vissa personer kommer att utöva ett starkt inflytande på sin omgivning. I en historisk belysning är det klart att en lång rad av mycket skickliga personer med sin personliga insats bidragit till en hög säkerhet och goda ekonomiska resultat. Det finns dock alltid en risk att starka personer kan ha fel. När detta händer i säkerhetsarbetet måste man kunna skydda sig mot felet eller se till att fel inte inträffar. Om det i ledningen finns en vilja att lyssna, som är parad med en försiktighet så kan man i organisationen i stor utsträckning undvika fel. Trots det finns det knappast något sätt att välja rätt i alla situationer. Ibland är seghet i en uppfattning rätt i det långa loppet, men en käring mot strömmen kan också ha fel. Organisationerna bör inse att enskilda väckarklockor är en tillgång genom sitt ifrågasättande.

#### **4.7.2 Mänskligt felhandlande**

Erfarenhet från olyckorna i TMI och Tjernobyli visade att mänskligt felhandlande kan ha en viktig del i det orsakssammanhang som leder till en olycka. Detta bör dock inte tolkas så att man lägger skulden till olyckan på de personer som var inblandade. Man bör snarare se felhandlande som en konsekvens av underliggande brister i systemet. Man hade inte kunnat förse personalen med instruktioner, utbildning och andra hjälpmedel så att de korrekt skulle ha kunnat förstå den situation i vilken de befann sig. För att kunna identifiera brister måste man använda den erfarenhet man samlar in från driften tillsammans med modeller för att förstå de problem man kan råka ut för. För detta krävs en öppenhet i organisationen, som tillåter misstag så länge de rapporteras och kan användas för att förbättra säkerheten. Detta betyder dock inte att en överslätande attityd är tillåten i hanteringen av sådana misstag.

#### **4.7.3 Organisationen**

Man talar i modern organisationsteori om situationsanpassad verksamhet. Ett kärnkraftsaggregat är komplicerat och det är därför förnuftigt att man ger olika delar i organisationen frihet att själva formulera mål och uppgifter. Detta betyder dock, jämfört med en traditionell hierarkisk organisationsstruktur, en ändring i inställningen till arbete och hur det utförs. Man kan inte längre anta att det för varje uppgift finns en chef som kan allting bättre och bestämmer hur varje uppgift skall skötas. Var och en blir i stället engagerad i att planera och besluta. Man kan tom. säga att en ny människosyn håller på att växa fram, där alla är tänkande människor och experter var och en på sitt område. Detta decentraliserade sätt att hantera uppgifter gör att det blir svårare att hantera helheten, eftersom det blir svårare än tidigare att koordinera arbetet och man kan få uppgifter som faller mellan olika delar av organisationen. Samtidigt är detta sätt att bygga in intelligens i organisationen och antagligen det enda sättet på vilket man på ett hållbart sätt kan hantera säkerheten också i ett långtidsperspektiv.

På kärnkraftverken kan man se denna förändring mot en mera decentraliserad verksamhet på två olika områden. Dels har kraftföretagen i större utsträckning än tidigare gått in för att bolagisera sin verksamhet och dels har man i synnerhet i Sverige gått in för system med interna upphandlingar. Den i och för sig sunda strävan mot att delegera ansvar till en nivå där man har den mest relevanta informationen kan dock medföra problem som man inte har i en hierarkisk organisation. Man måste därför vara tillräckligt uppmärksam för att kompetens och en tillräcklig långsiktighet kan bevaras också i den mera fragmenterade situation en decentraliserad organisation innebär.

#### **4.7.4 Formella rutiner och informell praxis**

Organisationens administrativa rutiner ger ett sätt att säkerställa att viktiga aktiviteter utförs på ett spårbart och repeterbart sätt. De administrativa rutinerna definieras vanligen i organisations- och kvalitetshandböcker.

Trots att det är viktigt med formaliserade rutiner så måste man komma ihåg att människor söker information av sådana som de känner och är vana vid. Det finns en kollega man kan ringa till och fråga om råd. Det betyder att informella kontakter kan vara mycket viktiga. Jämsides med den formella organisationen får man således en informell organisation. Den informella organisationen gör att det är möjligt att släta över en viss kantighet som alltid kan uppstå i en formell organisation. Trots fördelar med en effektiv informell organisation bör man dock sträva efter att minska beroendet av en sådan. Om inte den formella organisationen förmår klara av olika uppgifter tillräckligt smidigt, bör man istället sträva efter att formalisera de rutiner som man funnit effektiva i den informella organisationen.

#### **4.7.5 Kontrollrummet**

Kontrollrummet har en viktig funktion för säkerheten. Viktiga parametrar presenteras med olika instrument och operatörerna kan från kontrollrummet styra kraftverkets processer. Alarm indikerar om något onormalt inträffar och olika stödsystem visar på lämpliga ingrepp. På kärnkraftverken planerar man en övergång från analoga till digitala system som ger en större flexibilitet i informationsbehandling och -presentation. De kontrollrumslösningar man väljer kan ha ett stort inflytande på det sätt på vilket operatörerna hanterar störningar.

Det är viktigt att kontrollrummet fyller de krav man ställt upp för att det skall vara lätt att bilda sig en uppfattning om processens tillstånd och kunna göra nödvändiga ingrepp. För att underlätta en värdering av att viktiga ergonomiska mål har nåtts använder man sig ofta av olika checklistor.<sup>10</sup> För att få en mera övergripande bild av innehållet i kontrollrumsarbetet använder man sig ofta av s.k. uppgiftsanalyser där man på ett systematiskt sätt dokumenterar vad driftpersonalen skall göra i olika situationer.



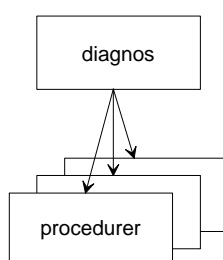
I Sverige har man för flera ändamål använt sig av en s.k. MTO-analys. Sin största användning har analysen fått i erfarenhetsåterföringen, men man har också goda exempel av att använda analysen i ett förebyggande syfte.

#### 4.7.6 Driftinstruktioner

På kärnkraftverken använder man sig i stor utsträckning av skrivna procedurer och instruktioner. Man har speciella procedurer för uppstart och avställning samt för störningar och nödsituationer. Procedurerna testas på simulator för att man skall kunna försäkra sig om att de fungerar. Genom att procedurerna är skrivna och följs får man en säkerhet i att kraftverket drivs på samma sätt oberoende av skiftlag. Det är viktigt att procedurerna uppdateras t.ex. efter ändringsarbete.

En evighetsfråga vid utarbetandet av instruktioner är den nivå av detalj på vilken man skall lägga sig. Om instruktionerna är detaljerade kan man vara ganska säker på att alla steg faktiskt utförs så som den som har skrivit proceduren har tänkt sig. Om proceduren är för detaljerad kan det dock hända att proceduren blir för speciell för att kunna gälla i alla de fall där den används. Samtidigt kan den aktuella proceduren bli mycket svår att hitta i mängden av procedurer om varje enskilt driftfall skall ha sin egen procedur.

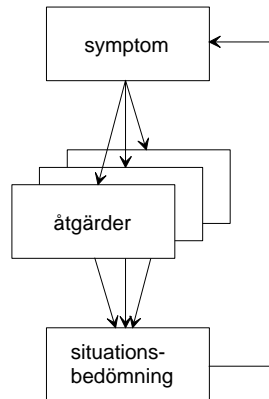
Man har efter TMI olyckan talat om skillnaden mellan händelse- och systemorienterade procedurer. De händelseorienterade procedurerna förutsätter att man börjar med att diagnosticera det aktuella händelseförloppet och sedan utför nödvändiga ingrepp (Figur 11.). Man kan optimera proceduren, men det kan bli svårt att hitta rätt bland alla procedurer. En händelseorienterad helhetsfilosofi för hur procedurerna är skrivna, kan också föra med sig att operatörerna söker efter en procedur som kanske inte finns. En händelseorienterad procedur ger å andra sidan en möjlighet att optimera motåtgärder så att en liten belastning erhålls på kritiska system.



**Figur 11** En händelseorienterad procedur. En diagnos pekar på en bestämd procedur.

Symptomorienterade procedurer tar mera förutsättningslöst hänsyn till processens tillstånd som kan läsas från signaler och mätvärden (Figur 12.). I en symptomorienterad procedur är framställningen strukturerad runt symptom som leder till åtgärder. Efter åtgärderna görs en situationsbedömning och man kommer tillbaka till symptomen. En

symptombaserad procedur kan någon gång innehålla problemet att man fastnar för att någon processvariabel inte uppför sig exakt som procedurskrivaren har väntat sig.



**Figur 12** En symptomorienterad procedur. Åtgärder kopplas till symptom, vilket betyder att de inte är beroende av att en diagnos gjorts.

#### 4.7.7 Operatörsutbildning

Genom urval och utbildning försöker man se till att man har en personal som är kompetent och motiverad. Många av dem som nu arbetar på kärnkraftverken var med om att ta kraftverken i drift. Genom att man har haft en liten personalomsättning har många hunnit skaffa sig en gedigen erfarenhet och utbildning.

I Finland har man i YVL-guiderna definierat för säkerheten viktiga befattningar, kompetenskrav för dessa och den utbildning kraftbolagen måste ge åt personer i dessa befattningar. I Finland förutsätter man också att kontrollrumspersonalen går igenom licensieringsförhör som ordnas av kraftföretagen. Kontrollrumspersonalen förutsätts enligt YVL-guiderna att förnya sin licens vart tredje år. I licensieringsförhören ingår utöver en teoretisk del, även en demonstration av yrkesskicklighet som görs på träningssimulatorn.

I Sverige har SKI på motsvarande sätt kompetensuppföljningsföreskrifter i form av villkor för givna tillstånd. SKI överlåter dock ansvaret för kompetensprövningen av personal till tillståndshavarna.

Simulatorutbildning ges regelbundet åt kontrollrumspersonalen. I Finland har man simulatorerna på stationerna, medan man i Sverige valt att ha dem centralt hos KSU i Studsvik. Simulatorerna i Finland och Sverige används också för att ge utbildning åt andra befattningshavare än kontrollrumspersonalen. Både SKI och STUK har köpt simulatorutbildning för sin personal.

#### 4.7.8 Säkerhetskultur

Begreppet säkerhetskultur kom till efter Tjernobylyolyckan när den internationella arbetsgrupp som analyserade olyckan konstaterade att en dålig säkerhetskultur varit en bidragande orsak. IAEAs internationella arbetsgrupp INSAG har i sin rapport<sup>11</sup> försökt definiera den betydelse man lägger in i begreppet. Man talar i rapporten om ett engagemang för säkerhet som alla medlemmar av organisationen bör känna. Begreppet har fått ett stort genomslag inom hela branschen, kanske främst för att alla har sin egen intuitiva förståelse för begreppet. I Finland har begreppet gått in i kärnkraftförordningen så att man kräver att licenshavare skall upprätthålla en god säkerhetskultur. I Sverige har SKISOS tagit fram en svensk tolkning av begreppet. En värdering av säkerhetskulturen hos Sydkrafts kärnkraftsverksamhet har gjorts<sup>12</sup> och denna har legat som grund för den säkerhetspolicy som Sydkraft definierat.

Säkerhetskultur är ett väl funnet begrepp, vilket också kan ses i den entusiasm det väckt. Man kan kritisera begreppet och hävda att det är luddigt och svårt att anpassa till de dagliga rutinerna på ett kärnkraftverk. Man kan också hävda att det är en fördel att begreppet inte är alltför noggrant definierat, eftersom man kan ge det den betydelse som är viktig för stunden. IAEA har försökt definiera begreppet säkerhetskultur mera i detalj i granskningsmetodiken som kallas ASCOT.<sup>13</sup>

När man talar om säkerhetskultur är det bra att minnas, att man knappast kan tala om en organisationstyp och en organisationskultur på ett kärnkraftverk. Man har personal med olika erfarenhetsbakgrund och detta ger upphov till olika underkulturer. En viktig del av säkerhetskulturen hänger samman med kommunikation. Endast en öppenhet och beredskap till att lyssna ger den medvetenhet om risker och vilja att lära som är förenlig med en god säkerhetskultur.

## **5. HUR SÄKERHETEN BIBEHÅLLS OCH UTVECKLAS**

### **5.1 Hot mot säkerheten**

#### **5.1.1 Icke upptäckta brister**

Man kan aldrig på förhand ta alla övervägningar i beaktande, som kan ha ett inflytande på säkerheten. Detta betyder att man alltid måste förutsätta att det kan finnas brister i den ursprungliga konstruktionen eller i material man har använt. Problemet är då hur man kan hitta okända brister och hur man kan avlägsna kända brister utan att föra in nya. För att göra detta bör man systematiskt samla drifterfarenhet, analysera den och genomföra nödvändiga ändringar i konstruktion och driftpraxis. Leverantörer måste också förbinda sig att informera om problem som de blivit medvetna om.

Brister kan härröra från tillverkningsprocessen, t.ex. så att man inte tillräcklig väl lyckats styra faktorer som påverkar produktkvalitet. Granskningar, prov och tester skall kunna hitta sådana brister, men det finns alltid en möjlighet att något slinker igenom. Brister kan också komma från installation eller montage som inte gjordes i enlighet med

specifikation och ritningar. Det kan också finnas brister i de säkerhetsanalyser som gjordes, vilket då betyder att man har en orealistisk uppfattning om hur en anläggning kan klara av en viss transient.

Ny kunskap har en möjlighet att visa på brister i den ursprungliga konstruktionen. Det händer ganska ofta att man först senare märker olägenheter med material och processer man har använt sig av. När man hittar sådana brister får man gå tillbaka och omvärdera tidigare lösningar och kanske byta ut viktiga komponenter. Brister kan också finnas i kontrollrumslösningar och instruktioner så att viktig information inte tas i beaktande eller är vilseledande. Det kan finnas brister i dokumentationen. Det kan också finnas brister i de administrativa systemen så att något som en del av organisationen vet att är ett problem, inte når fram till de beslutsfattare som kan göra något åt saken.

### 5.1.2 Åldringsmekanismer

Åldringsmekanismer för med tiden in nya hot. Material åldras och komponenter slits. Också människor åldras, glömmar och faller in i en slentrian. Man måste för dessa degraderande mekanismer bygga in olika korrigerande processer. Man måste t.ex. ha en process som systematiskt går igenom de olika komponenter där man kan vänta sig åldringsfenomen samt bedömer hur och när man måste genomföra korrigerande åtgärder. Om inte denna process fungerar så kan man förr eller senare att råka ut för att åldrande komponenter får fel kanske just när de behövs som bäst.

Brister i driften kan föra med sig att komponenter skadas eller åldras snabbare än beräknat. När man analyserar fel hos komponenter bör man bedöma om skadorna har berott på brister i tillverkningsprocessen eller i det sätt som komponenten använts. Beroende på felets ursprung kan man undersöka om det finns andra komponenter som kan få liknande fel.

Åldringsfenomen kan åtgärdas dels genom en förebyggande strategi där man försöker förutse vilka komponenter, som kan väntas råka ut för åldringsfenomen och i vilken takt man väntar sig att de fortskrider. Man kan då med test- och inspektionsprogram försöka upptäcka åldringsfenomenen i ett tidigt skede och reagera om förloppet framskrider fortare än väntat.

Materialteknik är kanske det av kärnkraftens teknikområden som mest av allt hänger på en effektiv erfarenhetsåterföring. De modeller som man inom materialtekniken använder sig av är ofta experimentella korrelationer, som sammanfattar viktiga sambandsförhållanden. Materialtekniken bygger också mycket på en förståelse av mikrostrukturen i materialen och hur den beror av de förhållanden som rådde när materialen tillverkades samt på miljöpåverkan och påfrestningar de utsatts för. Inom materialtekniken används provning för att utröna den kondition i vilken materialen befinner sig. Man särskiljer mellan oförstörande och förstörande provning. För oförstörande provning kan man använda olika metoder såsom röntgenundersökningar, ultraljudsonderingar samt virvelströms- och kontaktresistansmätningar. Vid de förstörande proven mäter man bl.a. hållfasthets- och seghetsparametrar hos materialen för att sedan använda dem i prediktiva hållfasthetsmodeller.

### 5.1.3 Hur brister kan upptäckas och åtgärdas

Brister ger sig till känna i driftstörningar och tillbud. Man bör därför analysera alla störningar tillräckligt noggrant för att förvissa sig om att anomalier upptäcks. Brister kan upptäckas också vid tester och i samband med granskningar.

Det allvarligaste hotet mot en effektiv verifiering av ändamålsenligheten i konstruktion och driftsätt hänger ihop med en bristfällig erfarenhetsåterföring. Man kan ta ställning till säkerhetsarbetets mål och medel endast genom att bedöma faktiskt utfall. Effektivast blir denna bedömning om man kan jämföra prediktioner med vad som verkligen hänt, eftersom man då också får en bedömning av hur bra modellerna är.

För att kunna reagera på brister i säkerheten krävs att man har olika processer som tar hand om den erfarenhet man erhåller både från den egna stationen och andra kärnkraftverk i världen. Endast genom att sluta slingan från planering till erfarenhetsåterföring kan man försäkra sig om att en effektiv inlärningsprocess äger rum.

En viktig del av erfarenheten erhåller man genom att följa upp verksamhetsplaner. Avvikelser mellan planer och utfall bör alltid föranleda en närmare analys. Ibland visar denna att man var orealistiskt optimistisk i planerna, men också denna erfarenhet bör tas om hand och tas i beaktande när nästa verksamhetsplan görs.

## 5.2 Kontrollverksamheten

### 5.2.1 Säkerhetsgranskningar

Säkerhetsgranskningarna står i nära relation till kvalitetsverksamheten. Man granskar att man följer instruktioner, att de säkerhetstekniska föreskrifterna är uppfyllda, att man uppdaterar dokument vid ändringar osv. Man brukar säga att en mogen säkerhets-hantering sker i linjen. En naturligt förhållande till kvalitet och säkerhet på alla nivåer gör att man inte behöver ha en stor säkerhetsorganisation. Trots det behöver man en stark säkerhetsövervakande funktion som är fristående från den direkta driften och kan arbeta med eftertanke och framförhållning.

Vid granskningen är en av förutsättningarna att granskarna har integritet och får ställa svåra frågor. Detta kan säkerställas genom att granskarna får sitt mandat högt upp i organisationen. För myndighetens del betyder det att mandatet är definierat i lagstiftningen och att myndigheten vid behov har en möjlighet att utöva makt. För kraftbolagens del räcker det med att granskarna får sitt mandat från den högsta ledningen. Ledningen bör se till att granskarna får ett fullt stöd i konflikter som kan uppträda.

Granskningsverksamheten kan delas upp i den del som bedrivs av myndigheten och den del som bedrivs av kraftbolagen själva. Myndigheterna strävar att granska hur kraftbolagens egen granskning sker och den vägen övertyga sig om att arbetet har en hög kvalitet. Man bygger in flera lager av granskningsverksamhet där kvalitetskontrollen

granskar arbetet, interngranskningen kvalitetskontrollen och myndigheternas granskning kraftbolagens granskningsverksamhet. I en situation där man bygger in många nivåer av granskare som granskar granskare, bör man bedöma helheten och sannolikheten för att man med denna investering i resurser hittar nya tidigare upptäckta brister.

### **5.2.2 Myndighetstillsynen**

Myndigheterna granskar rutinmässigt ärenden som tillställs av kraftbolagen. I Finland gör STUK en mycket detaljerad granskning av bl.a. anläggningsändringar. En granskning resulterar vanligen i ett beslut att godkänna eller förkasta kraftbolagets framställning. Vid myndighetsgranskningen händer det ibland att man begär in kompletterande upplysningar. Utöver den mera rutinmässiga granskningen genomförs med jämna mellanrum en mera projektbetonad granskning t.ex. då den periodiska säkerhetsanalysen eller förnyelse av drifttillstånd erfordras. Planeringen av granskningsverksamheten sker som en del av myndigheternas verksamhetsplanering.

Inspektionsverksamheten riktar sig mot att verifiera dels att anläggningens skick är i överensstämmelse med givna krav och dels att verksamheten följer givna riktlinjer. Myndighetsinspektionerna har också en viktig funktion i att de ger inspektörerna en konkret kontakt till de dagliga rutinerna på ett kärnkraftverk. Inspektionsverksamheten kan ge myndigheten anledning att reagera om det visar sig att praxis inte följer regler och instruktioner.

### **5.2.3 Fristående och oberoende granskning**

I granskningen ser man till att inte samma personer utför och granskar ett arbete. Man försöker också undvika kopplingar mellan dem som utför arbetet och dem som granskar det. På senaste tid har man lanserat begreppen fristående och oberoende granskning för att markera en skillnad i dessa kopplingar. För att en granskning skall vara oberoende krävs att man inte har några som helst ekonomiska eller organisatoriska kopplingar mellan utförande och granskande instanser. En fristående granskning kan genomföras av kraftföretaget själv, men man har organiserat arbetet så att man har minimerat kopplingarna mellan arbetet och granskningen. I båda fallen försöker man se till att man kan ha ett tillräckligt förtroende för granskningens integritet.

Myndigheterna har ibland behov att granska de analyser som kraftbolagen gör. Det räcker ofta med att myndigheten genomför stickprov. Man försöker då reproducera kraftbolagens resultat i en oberoende analys. Vad som kan räknas som en oberoende analys kan ibland vara svårt att definiera. Räcker det med att andra personer genomför analysen eller måste man också använda sig av andra analysverktyg?

Eftersom både Finland och Sverige är små länder är kretsen av personer med en behövlig kompetens mycket liten. Det kan därför ibland vara svårt att kunna genomföra en analys som är så oberoende som man egentligen gärna skulle se. Till en viss del kan problemet avhjälpas med att inblandade personer är medvetna om kopplingarna och vid

behov jävar sig. Både myndigheter och kraftbolag använder sig dessutom ofta av utländska experter vid bedömningar.

#### 5.2.4 Säkerhetsgranskningar på kraftverken

Den ekonomiska risk kraftbolagen löper vid driften av kärnkraftverk är inte bara kopplad till risken för haverier, utan den är också kopplad till en upplevd ovisshet om kraftverkets verkliga säkerhet. En sådan ovisshet kan myndigheterna minska genom inspektioner, granskningar och analyser. Om myndigheten i något skede misstänker en allvarlig brist, så kan redan misstanken resultera i ett krav på avställning och framtagande av ett material för visa att misstanken är obefogad. Det är därför i kraftbolagens intresse att hela tiden ha ett underlag tillgängligt för att snabbt kunna vederlägga sådana misstankar. Detta underlag skapas i kraftbolagens egna granskningsprocesser. Om myndigheterna har förtroende för kraftbolagens egna granskningar kan myndighetsgranskningen riktas från detaljer och mera gå in på hur effektivt kraftbolagens egen granskning fungerar

De lokala säkerhetskommittéerna som finns på kraftverken är en viktig del av den systematiska kvalitetsverksamheten. Säkerhetskommittéerna arbetar vanligtvis utanför linjen och är sammansatta av personer med olika bakgrund och förankring. Kraftbolagens egen granskningsverksamhet är också betingad av en vilja att ha kontroll över de beslut som myndigheterna ger. Om man förstår myndighetens granskningsprocess och kan generera svar på förhand, kan man agera bättre och ha kontroll över sina egna processer.

#### 5.2.5 Testförfarandet

System och komponenter testas regelbundet för att förvissa sig om att de är funktionsdugliga. Viktiga tester är inskrivna i de säkerhetstekniska specifikationerna (STF) och andra är kopplade till underhållsrutiner.

Tester kan företas på den plats där komponenten eller systemet befinner sig och då måste man göra omkopplingar så att testobjektet kan frigöras från den övriga processen under testet. Ett test kan också företas så att man kopplar lös en komponent t.ex. under en revision och för den till en särskild testbänk. Ibland räcker det att företa ett test på en likadan komponent som den som är inkopplad. Med hjälp av typgodkännande har man försökt göra det lättare att vara säker på att en komponent uppfyller uppställda krav. Typgodkännandet innefattar vanligen ett stort antal tester.

Moderna anläggningar har ofta byggts enligt principen 2/4 vilket betyder att man har fyra identiska redundanser av vilka två räcker för att erhålla den funktionalitet man kräver. Man kan då ta ut en av de fyra redundanserna och genomföra test på denna, utan att göra avkall på enkelfelskriteriet.

Det intervall med vilket man genomför olika tester väljs så att man dels tillser behovet av att testa systemen tillräckligt ofta och dels beaktar att man ofta vid test utsätter

systemen för påfrestningar. Man måste också beakta att en test kan introducera nya fel i systemet och då finns det faktiskt en risk att fel med gemensam orsak införs i redundanta system. Ett system som i ljuset av tidigare erfarenhet har visat sig mycket tillförlitligt behöver inte testas lika ofta som system där man haft problem. Testfrekvensen för kritiska system är ofta definierade i STF och ändringar måste då gå igenom en mera omfattande granskningsprocedur innan de kan godkännas.

Man kan också på olika sätt undersöka hur olika åldringsfenomen framskrider. I flera fall räcker det med att en komponent tas i delar och man gör en visuell inspektion. I andra fall kan man använda sig av olika metoder för oförstörande prov (NDT, non-destructive testing). När oförstörande prov ingår i regelbundet återkommande inspektioner kan man ofta genom att jämföra resultaten från tidigare tidpunkter bilda sig en uppfattning hur snabbt olika åldringsmekanismer fortskrider. På senaste tid har man också instrumerat viktiga komponenter så att man kontinuerligt kan följa med hur ett underhållsbehov utvecklar sig.

## **5.3 Erfarenhetsåterföring**

### **5.3.1 Insamling och analys av drifterfarenhet**

En insamling och analys av drifterfarenhet sker i alla delar av säkerhetsarbetet. Mest effektiv i inlärningshänseende är en erfarenhet, som kan ges direkt tillbaka till dem som behöver den. Drifterfarenhet har ett brett användningsområde som går utöver de vanliga gränserna mellan fackområden.

Brister i erfarenhetsåterföringen kan förekomma i många olika delar av aktiviteterna. Viktiga händelser kanske inte tas om hand, analysen kanske inte förs tillräckligt djupt, erfarenheter kanske inte når dem som skulle behöva dem, ändringar kanske blir liggande och ändringar kanske för in nya brister. Ett effektivt säkerhetsarbete består således inte endast av de processer man har för att formulera mål och medel, utan även av de processer som samlar in, analyserar och använder den erfarenhet man erhåller från driften.

Händelser och tillbud kan ses som ofrivilliga experiment som kan ge ledtrådar till problem som man kanske inte annars skulle hitta. En förutsättning är att man samlar tillräckligt med information om händelser och analyserar dem i detalj. För att man skall kunna göra en detaljerad analys efteråt, måste man ha en beredskap för att samla in data. Nödvändiga mätgivare och apparatur skall därför finnas tillgängliga för sådan data-insamling och -lagring, trots att dessa kanske inte behövs vid normaldrift.

### **5.3.2 Rapportering av händelser**

Myndighetsrapporteringen regleras i formaliserade rutiner. Händelserapporteringen innehåller en analys av förloppet och förslag till åtgärder. Det är viktigt att kunna se



händelser i ett tillräckligt brett perspektiv, så att man inte begränsar sig till endast primärförloppet, utan också ser på vilken inverkan förloppet hade på andra närliggande system. I Finland är rapporteringen definierad i YVL-guiderna och man talar om händelserapporter, specialrapporter och snabbstoppsrapporter. I Sverige definieras rapporteringskravet av de säkerhetstekniska föreskrifterna och man talar om rapporter- värda omständigheter (RO), onormala händelser (OH) och snabbstoppsrapporter (SS).

Man använder sig av ett system att klassificera av händelserna för att underlätta senare sökningar och analysarbete. En svårighet är att klasserna sällan är självförklarande och man därför knappast kan vänta sig att alla fyller i formulären på samma sätt. Det är också viktigt att det finns en återkoppling mellan de personer som fyller i formulären och dem som gör analysarbetet.

Utöver de formella rutinerna för att rapportera händelser har man på några kärnkraftverk satt upp rutiner för att rapportera händelser som faller under den formella rapporterings- tröskeln. Dessa rutiner syftar till att reagera för sådant som kunde ha utvecklats till händelser med säkerhetsbetydelse, men också att hitta sådant som kan ha en ekonomisk betydelse.

På alla kärnkraftverk har man ett förslagssystem som gör det möjligt för vem som helst att komma med förslag till förbättringar. Man har system för att rapportera olyckstillbud, som hänför sig till personsäkerheten. På kärnkraftverken har man en, ibland visserligen underförstådd, instruktion enligt vilken man alltid kan rapportera högre upp om man inte är nöjd med den respons man får av sin förman. Information om händelser och missförhållanden sprids även informellt och myndigheterna kontaktas ibland direkt.

### **5.3.3 Internationell rapportering**

Rapporteringen regleras också av internationella avtal så att allvarliga händelser som förorsakar utsläpp av radioaktivitet skall rapporteras omedelbart till IAEA. För att göra rapporteringen lättare att förstå för media och allmänhet har man kommit överens om att använda den sk. INES-skalan (International Nuclear Event Scale) för att klassificera händelser. Skalan används så att kraftverket kommer med ett förslag till klassificering och myndigheten sedan beslutar vilken klassificeringen blir. Om en händelse får en klassificering 2 eller högre på en skala från 0 till 7 har myndigheterna förbundit sig att senast inom 24 timmar ge en rapport till IAEA. Då skalans lägre nivåer till viss del bygger på bedömningar uppstår det ibland olika åsikter hur en händelse skall klassificeras.

För de mera allvarliga händelserna gör myndigheterna analyser och sammanställningar som skickas till de internationella organisationerna IAEA och NEA. Rapporterna samlas i en databas IRS (International Reporting System) som är tillgänglig för myndigheterna. Också WANO har ett eget system för händelserapportering, som är tillgängligt för de kraftverk som deltar i verksamheten. Alla kraftverk i Finland och Sverige är med i WANOs verksamhet. Utöver dessa rapporteringskanaler har man också sk. ägargrupper där man organiserat sig för att utbyta erfarenhet om reaktorer som levererats av en bestämd leverantör. Erfatom är en sådan organisation inom vilken man utbyter

erfarenhet om de kokvattenreaktorer som levererats av ABB Atom. Ett stort erfarenhetsutbyte sker också i arbetsgrupper och på konferenser.

#### 5.3.4 Datainsamling från driftstörningar

På kärnkraftaggregaten registrerar automatiska system värdena på viktiga parametrar. Typiskt kan denna datainsamling röra sig om tusentals signaler, som loggas flera gånger i minuten. Från denna loggningsfunktion samlar man driftstatistik för olika ändamål. För att säkra att inte viktiga signalvärden skrivs över har man en funktion som vid störningar ser till att signalvärdena blir frysta och lagrade. Utskrifter av dessa signaler används för att efteråt i detalj analysera händelserna.

En störning under drift leder ibland till att man får snabbstopp. Snabbstoppen är en viktig källa för drifterfarenhet, för att många system går genom en transient i samband med dem. En grov analys för att förvissa sig om att allt är i sin ordning genomförs alltid innan stationen återstartas. Den mera detaljerade analysen görs sedan i samband med att en snabbstoppsrapport skrivs. Vid analyserna bör man vara vaksam mot förhastade slutsatser och rationaliserande bedömningar. Det händer t.ex. lätt att man skyller på falska signaler i kontrollutrustningen.

Instruktionerna man använder på kärnkraftverken efter ett snabbstopp har formen av en checklista, som man går igenom för att verifiera säkerhetsfunktionerna. Om något onormalt inträffat får inte en uppstart ske utan tillstånd från myndigheten. Frågan om en uppstart är tillåten eller inte, kommer dock alltid att i en viss utsträckning baseras på tolkningar.

#### 5.3.5 Analys av händelser

Den analys man gör av inträffade händelser måste föras tillräckligt djupt. Man kan egentligen fortsätta med frågan *varför* hur länge som helst. Vanligtvis beslutar man sig dock på ganska pragmatiska grunder när detta inte mera är nödvändigt. Detta är fallet t.ex. då händelsekedjan tog en viss väg för att en viktig försvarsbarriär har brutit. Denna identifieras då vanligen som en sk. *grundorsak*. Man kan ha flera grundorsaker som bidragit till samma händelse. När dessa grundorsaker identifierats delas de ofta in i systemfel, tekniska fel eller handhavandefel. Denna nivå är dock sällan tillräcklig för att man skall kunna komma med förslag till åtgärder hur en liknande händelse kan undvikas vid en senare tidpunkt.

Analysen av händelser kan vara mycket tidskrävande, samtidigt som man har begränsade resurser för en analys. Man tvingas därför välja ut ett begränsat antal händelser för den mera noggranna analysen. För de båda ytterligheterna dvs. de mycket viktiga händelserna och de klart oviktiga händelserna föreligger knappast några problem i valet. Svårigheten är dock att på rätt sätt kunna prioritera i gråzonen av ganska viktiga händelserapporter. Prioriteringsnivån bör väljas så, att man snarare analyserar för mycket än för litet.

### 5.3.6 Riskuppföljning

Med riskuppföljning menas att inträffade felhändelser och tillbud analyseras systematiskt i efterhand för att kontrollera att händelserna och deras konsekvenser har förutsetts på ett riktigt i säkerhetsanalyserna. Svårigheten är att de inledande händelserna, åtminstone enligt den definition som används i USA, är mycket sällsynta och man får därför mycket litet material att arbeta med. USNRC har med dock med ett visst utbyte drivit en sådan analys. Man kan dock ofta via mindre händelser verifiera att antagandena har en riktig storleksordning genom att jämföra utfallet i en inträffad sekvens med det antagande man hade i sin PSA studie.

Genom erfarenhetsåterföringen kan man också erhålla kvantitativa uppskattningar av hur tillförlitliga olika typer av komponenter är. Denna information är mycket värdefull för i synnerhet för PSA analysen.

### 5.3.7 Säkerhetsindikatorer

IAEA och WANO har utvecklat system för att samla in och jämföra drifterfarenhet. En del av detta arbete har koncentrerats på att ta fram sk. indikatorer på hur säkert och effektivt ett kärnkraftsaggregat drivs. Man har enats om ett tiotal indikatorer som kraftbolagen tagit på sig att regelbundet rapportera till WANO. Kraftbolagen använder utöver dessa även andra indikatorer för att kontinuerligt värdera den egna verksamheten. Man har också gjort ansatser för att konstruera mjuka indikatorer, som kunde ge information om personal och organisation.

### 5.3.8 Hur säkerställa en god rapporteringskultur

En analys av händelser är en förutsättning för en fungerande erfarenhetsåterföring. För att man skall kunna dra riktiga slutsatser måste man få en detaljerad bild vad som hände. Om man inte är uppmärksam kan man få en skev bild av händelsekedjan, t.ex. för att inblandade kanske inte vågar berätta om sitt medverkande av rädsla att bli straffade eller utpekade som dumma. Olika personer kan också ha en mycket olika uppfattning om ett händelseförlopp och om de orsaker som bidrog. En förutsättning för en effektiv hantering av händelser är att man kan bryta ner dessa hinder. Detta kan göras endast i en kultur som tillåter fel, men som samtidigt systematiskt försöker undvika dem.

När händelsen analyseras, måste man samla ihop personer som förstår de tekniska systemen och de personer som varit inblandade. Det kan ibland vara svårt att få tillräcklig distans till händelsen om man inte har en skicklig moderator med systemerfarenhet och förtroende som människa. Analysprocessen är ibland viktigare än den rapport man alltid förväntas skriva. En speciell vikt bör alltid fästas på att föreslå åtgärder med vilka en upprepning av händelsen kan förhindras.

## **5.4 Andra källor för erfarenhet**

### **5.4.1 Forskningsverksamhet**

Kärnkraften har alltid varit forskningsintensiv. När kärnkraften introducerades byggdes i flera länder forskningsinstitutioner för att ta hand om och utveckla den nya teknologin. Dessa har dock efter att utbyggnaden av kärnkraft avstannat ofta fått en mera allmän inriktning mot energiforskning.

Bland de problemställningar kärnkraftforskningen idag är sysselsatt med idag, är bl.a. att skapa en bättre förståelse av de mekanismer som uppträder vid ett svårt haveri. Man bygger modeller av förloppet vid en härskada och hur den framskrider i olika skeden. Man försöker förstå hur en smälta bildas, vad som händer med den och när den kan hota reaktortanken. Man försöker förstå de förlopp som kan leda till frigörelse av väte i inneslutningen och man undersöker om ångexplosioner kan uppträda. Denna forskning är mycket resurskrävande, eftersom modellerna måste valideras i omfattande experiment.

Forskning görs också för att skapa en bättre förståelse för hur människor fungerar i komplicerade och stressande beslutssituationer. Denna forskning kombineras med utveckling av kontrollrum och beslutsstödsystem. I denna forskning försöker man bl.a. hitta sätt som gör det möjligt att bättre kombinera det vad man vet om människors beteende med de modeller man använder inom PSA området.

Forskningsverksamheten är viktig för branschen i sin helhet för att man skall kunna upprätthålla en tillräcklig framförhållning och den vägen kunna reagera på svaga signaler från kommande problem. Forskningsverksamheten erbjuder en utomordentlig miljö för utbildning och kompetensutveckling. Det internationella forskningssamarbetet ger många möjligheter att studera intressanta frågor med tillräckligt stora resurser. Forskningssamarbetet erbjuder också en möjlighet att bygga upp ett internationellt nätverk av personliga kontakter till olika kompetenscentra.

### **5.4.2 Internationellt samarbete**

Ett internationellt samarbete har alltid varit viktigt för kärnkraftbranschen. Många av de reaktorkonstruktioner vi har idag utvecklades till en början av stora forskningsinstitutioner där personer från många olika länder samarbetade. De exportprojekt där ett kärnkraftaggregat har byggts av en reaktorleverantör i ett annat land kan också ses som stora internationella samarbetsprojekt.

Forskningen har alltid varit internationell. Man har via konferenser och tidskrifter ett effektivt sätt att sprida ny kunskap. Resurskrävande projekt kan göras mera effektivt som ett flerpartsarbete. Exempel på sådant samarbete är projekt som drivs t.ex. av Idaho National Laboratory och Brookhaven National Laboratory i USA, EU:s Joint Research Centre i Ispra, Mol och Petten, Studsvik i Sverige samt Halden-projektet i

Norge. EUs forskningsprogram inom kärnsäkerhetsområdet, informationsteknik, materialteknik och miljöfrågor kommer i och med Finlands och Sveriges inträde i den Europeiska Unionen att erbjuda möjligheter till ett utvidgat forskningssamarbete. NKS har sedan slutet av 1970-talet spelat en mycket viktig roll för samarbetet i Norden.

Kraftbolagen har också ett aktivt samarbete i olika internationella kontaktorgan som t.ex. Unipede och olika leverantörers owners group. Ett europeiskt samarbete mellan kraftbolag och leverantörer i Europa har inom EUR (European Utility Requirements) startats som syftar till att ta fram moderna krav på kärnkraftaggregat. Det internationella samarbetet erbjuder också ett nätverk av expertis så att man kan kontakta sina kolleger hela världen över och få en synpunkt på problem som har uppstått.

### **5.4.3 Kontakter till andra branscher**

Kärnkraften är beroende av många olika teknologier. Utvecklingen inom dessa teknologier ger därför branschen nya möjligheter att ytterligare förbättra sin säkerhet. Kärnkraftbranschen är dock i en världsskala ganska liten, så det blir dyrt att utveckla komponenter specifikt för kärnkraftens behov. Idealet vore därför att i tillräcklig utsträckning kunna utnyttja resultat, som primärt tagits fram för andra branscher.

Kärnkraftindustrin har indirekt kunnat tillgodogöra sig delar av den kunskapsbas som samlats inom andra säkerhetskritiska branscher såsom flyg, kemisk industri och offshore verksamhet. Brandbekämpning är också ett specifikt område där kärnkraftindustrin har kunnat använda erfarenheter från andra områden. Enligt en bedömning i stort kunde kärnkraftbranschen ha varit mera effektiv att ta till sig den kunskap man har i andra branscher.<sup>14</sup>

## **5.5 Organisationsutveckling**

### **5.5.1 Organisationsmönstringar**

Varje organisation måste med jämna mellanrum förutsättningslöst göra en bedömning av hur effektivt den fungerar, dvs. en organisationsmönstring. Resultatet kan sedan användas för att föreslå åtgärder som syftar till att utveckla organisationen. Dessa åtgärder kan ha ett brett spektrum från regelrätta organisationsförändringar, till utvecklande av kompetens och införande av nya rutiner.

En organisationsmönstring måste förankras i organisationen för att bli effektiv. De som deltar skall ställa upp och redogöra för hur olika säkerhetsaktiviteter genomförs och hur de ser på sitt arbete. För att praktiskt kunna använda resultaten av en organisationsmönstring måste man rangordna de ändringsförslag som kommer fram.

Man har föreslagit att man skulle kunna använda resultaten från sådana mönstringar för att antingen skriva upp eller ner de säkerhetsbedömningar, som man erhållit från en PSA. Det förefaller dock orealistiskt att man utan en mycket stor forskningsinsats skall

kunna bygga modeller som kopplar de kvalitativa förhållanden man kan observera vid en organisationsmönstring till de kvantitativa bedömningar man har i en PSA.

### 5.5.2 Organisationsförändringar

Inom företagsvärlden organiserar man som regel om minst vart annat år. Man kan argumentera både för att med jämna mellanrum omorganisera och för att låta personalen förkovra sin kompetens i en oförändrad organisation. En organisationsförändring initieras sällan av endast en orsak, utan man försöker ofta samtidigt angripa flera behov såsom arbetsfördelning, resursrationisering, befordringar och strategisk kursförändring. I kärnkraftbranschen ändrar sig inte grundkraven så mycket över tid, men trots det är det säkert motiverat att ibland göra organisationsförändringar. Det finns alltid ett inbyggt motstånd mot förändringar, men samtidigt är det bra att kunna bryta en slentrian. En organisation blir allt svårare att förändra ju längre den varit oförändrad.

Behov för organisationsförändringar kan uppstå t.ex. genom ny erfarenhet eller genom att nyckelpersoner lämnar organisationen. Problemet vid en organisationsförändring är alltid att gamla rutiner ersätts med nya. Man får en period av inläring som kan vara kortare eller längre beroende på hur förändringen sker. En organisationsförändring medför osäkerhet hos personalen och den kan förlama aktiviteterna för en tid. Under den tiden är det lättare än annars att råka ut för olika problem.

Förändringar i organisationen som betyder ibland att man måste ändra ett sätt att tänka och det kan ta mycket lång tid i anspråk. Inom kärnkraftindustrin kan man säga att införandet av den systematiska kvalitetsverksamheten inneburit en sådan genomgripande förändring, som kanske inte avspeglas så mycket i kärnkraftverkens organisationsdiagram, men nog i det sätt på vilket man arbetar.

### 5.5.3 Organisatoriska brister

Varje individ måste kunna se sitt arbete som meningsfullt och uppskattat. Det måste också finnas en balans mellan förväntningar och de förutsättningar en individ har. Individerna i en organisation kommunicerar både vertikalt och horisontellt och denna kommunikation måste fungera bra för att inte problem skall uppstå. Om alla dessa förutsättningar finns, kan man vänta sig att individerna kan upprätthålla ett engagemang och ett intresse för det arbete de gör.

Organisationen skall ge ett stöd för individerna så att de kan undvika fel i sitt arbete. Om inte organisationen ställer tillräckligt med resurser till förfogande i kritiska situationer kan detta bero på olika brister i målhantering, kommunikation, utbildning eller instruktioner. Organisatoriska brister kan ibland vara svåra att identifiera och korrigera.

I varje organisation finns ett system med belöningar och straff. Systemet kan vara mer eller mindre uttalat och belöningar kan ges på många olika sätt. En organisation är vanligtvis mycket lyhörd för hur belöningar och straff utdelas. För att man skall få

förtroende för att mänskligt felhandlande hanteras professionellt bör man se till att en ärlig rapportering belönas, medan straff utmäts endast för uppenbara och medvetna försummelser. Det kan vara motiverat att utdöma straff om någon försöker dölja fel som har inträffat. Ledningen i varje organisation måste vara uppmärksam så att man inte kommer med motstridiga budskap i utsagor och handlingar.

När man försöker förstå mänskligt felhandlande är det viktigt att man behandlar människan som en del av systemet. Interaktionen mellan system och personer på ett kärnkraftaggregat blir ofta mycket komplicerad och svår att överskåda. Människan lär bäst av erfarenhet och man bör tillåta att personalen lär sig genom att göra. På en simulator kan man tillåta försök och misstag, men inte på ett kärnkraftverk.

#### **5.5.4 Mönstringsmetoder**

Mönstringar grundar sig i en stor utsträckning på intervjuer och frågeformulär. Man kan också i en viss utsträckning använda dokumentation som analyseras. Innan frågor kan sammanställas måste man ha en ganska klar uppfattning om de förhållanden man vill undersöka. Man bör också för att finslipa frågorna använda sig av en pilotfas, där man försäkras sig om att frågorna är relevanta och väl formulerade.

I en organisationsmönstring kan man använda sig av indikatorer för att göra bedömningar av effektiviteten hos verksamheten. Om indikatorerna är väl definierade kan man försöka jämföra olika organisationer och organisatoriska enheter med varandra. En sådan jämförelse är ofta ett bra instrument för att definiera vad man menar med effektivitet och för att konkretisera hur olika sätt att arbeta kan påverka helheten.

När man genomför en organisationsmönstring måste man bestämma sig för vilken omfattning den skall få och hur den skall genomföras. Man kan göra mönstringen internt och man har då fördelen av att kunna vara mera öppen. Om man involverar utomstående får man en vidare syn på problemen, men man har kanske svårare att gå in på detaljer. Om det finns problem i de interna relationerna kan det vara lättare att ge förtroende åt utomstående.

#### **5.5.5 Kärnkraftverkens interna mönstringar**

Några av kraftföretagen har genomfört studier för att kartlägga sitt arbetsklimat. Studierna har när de gjorts inte varit speciellt anpassade till säkerhetsfrågor. Resultaten från sådana allmänna analyser kan ibland vara svårtolkade, men de ger information om hur personalen ser på organisationen i synnerhet med avseende på faktorerna kommunikation och samarbete.

Utvecklingssamtal är ett väl etablerat system för diskussioner mellan över- och underordnade. I samtalen försöker man göra en bedömning av arbetsresultat sedan det senaste samtalet och utarbeta en gemensam målsättning för den kommande tiden. Utvecklingssamtalen kan ses som en form av formaliserad kommunikation som hjälper organisationen att ta upp känsliga frågor till behandling.

En bedömning av hur en organisation hanterar mål kan också ingå i en organisationsmönstring. Det finns alltid mål som står i en viss konflikt till varandra. En organisation som har identifierat kritiska frågor och har gjort en ansats att lösa dem arbetar ofta mera effektivt än en som inte tagit frågorna till behandling.

### 5.5.6 Internationella mönstringar

IAEA har utarbetat mönstringsförfaranden, som kan ställas till medlemsländernas förfogande. En mönstring kan genomföras antingen som en självanalys eller genom att ett internationell team genomför mönstringen. OSART mönstringen riktar sig i synnerhet mot organisation och administrativa rutiner. ASSET försöker ge hjälp i hur man skall analysera en händelse och utnyttja resultaten i erfarenhetsåterföringen. ASCOT riktar sig mot att värdera säkerhetskulturen i en organisation. WANO har byggt upp en liknande verksamhet.

Kraftindustrin och myndigheterna har en ytterligare nytta av de internationella mönstringarna genom att de ibland blir ombudda att skicka representanter som deltar i de internationella mönstringsgrupperna. Den erfarenhet man får av att se hur man i ett annat land på en annat kärnkraftverk arbetar för säkerheten är mycket nyttig. De internationella mönstringarna har en viktig uppgift i att förmedla god praxis mellan de stationer som deltar.

En organisation kan begära en värdering som genomförs av utomstående kolleger. Man kan då fråga t.ex. hur en händelse hanterats eller hur effektiv verksamheten är. En sådan bedömning kallas ofta peer review genom att den görs av personer med en erfarenhetsbakgrund som är nära dem som blir bedömda. En sådan granskning kan ha ett extra värde i det att de granskade har en möjlighet att diskutera sin egen syn på mål och medel för ett effektivt arbete och den vägen skapa sig en förståelse för säkerhetsarbetets väsen.

SKI har utnyttjat sådana utomstående bedömningar bl.a. för att värdera hur silärendet hanterades.<sup>15</sup> En annan granskning av SKIs och SSIs tillsynsverksamhet i Sverige har genomförts under 1995/96 av en internationell arbetsgrupp.<sup>16</sup>

### 5.5.7 Mönstringar som en del av ledningsarbetet

Organisationsmönstringar bör egentligen ingå som en integrerad del av ledningsarbetet i varje organisation. Genom att kombinera användningen av indikatorer med intervjuer och diskussioner, kan man få ett effektivt ledningsinstrument. Rätt utnyttjat kan ett sådant instrument stöda både horisontell och vertikal kommunikation i organisationen. Sådana granskningar har gjorts för Vattenfall och Barsebäckverket.<sup>17 18</sup>

För att bygga upp ett integrerat ledningsinstrument måste man definiera och prioritera de mål man ställer upp, man måste relatera dem till de sätt man har att påverka organisationen och man måste komma överens om lämpliga mätmetoder som kan användas för att bedöma hur målen uppfylls. Forskningsprojekt som syftar till att bygga upp ledningshjälpmedel kan ge ett bra komplement till andra mönstringar.



## 5.6 Underhåll och ändringar

### 5.6.1 Underhållsverksamhet

Underhållsverksamheten är tätt kopplad till den dagliga driften och syftar till att hålla system och komponenter driftdugliga. Man skiljer vanligen mellan åtgärdande och förebyggande underhåll. Åtgärdande underhåll sker när något gått sönder och man antingen reparerar komponenten eller ersätter den med en ny. I ett förebyggande underhåll ersätts komponenter och delar, redan innan de gått sönder. Balansen mellan åtgärdande och förebyggande underhåll är viktig. Om man inte satsar tillräckligt på förebyggande underhåll blir tillgängligheten lidande och om man satsar för mycket blir det för dyrt. Underhållsverksamheten styrs av en systematisk planering, där man försöker följa med och förutsäga när det är tid att byta ut slitna delar.

De årliga revisionerna är en viktig del i underhållsverksamheten. Eftersom kraftverket ställs av för en tid, kan man göra underhåll på system och komponenter man inte kommer åt under driftperioden. Revisionen blir ofta mycket hektisk på grund av att tiden är kort och man har mycket inspektions- och underhållsarbete som man vill göra. I underhållsarbetet får man vara på sin vakt så att man inte introducerar fel i systemen. Under revisionsperioden hittar man ofta olika brister, så att man vanligen får ett stort antal avvikelserapporter. Det är också naturligt, eftersom man då kommer åt system och komponenter samt rör sig mera på stationen. Rapporterna tas i sin tur om hand av erfarenhetsåterföringen. Kraftbolagen har efter revisionen en övergripande genomgång för att försäkra om att erfarenheter tas tillvara.

### 5.6.2 Ändringar och moderniseringar

Brister i kraftverkets konstruktion eller i de sätt som det drivs på måste korrigeras så snabbt som möjligt. Samtidigt måste man se till att inte nya brister tillförs. I praktiken har man en formell rutin som reglerar ändringsverksamheten. Ändringar är aldrig ett självändamål och en ändring utgör alltid i sig själv en risk. Speciell uppmärksamhet måste fästas på hur ändringar behandlas så att alla viktiga skeden genomförs med tillräcklig insikt och noggrannhet.

Den erfarenhet man samlat in blir aktiv först efter det att nödvändiga ändringar har gjorts. Ändringar betyder alltid att man måste gå tillbaka till det ursprungliga konstruktionsunderlaget och göra en nykonstruktion. Denna konstruktion måste verifieras och valideras med samma noggrannhet som den ursprungliga konstruktionen. Man måste också bedöma om ändringen kan påverka andra system, som då kanske måste konstrueras om. Senast efter det att ändringen genomförts måste dokumentation och instruktioner uppdateras. Process- och kontrollrumsändringar medför också ett utbildningsbehov. Man kan se en viss skillnad i hur olika kraftbolag hanterar denna verksamhet.

Ändringar är ibland betingade av det faktum att system och komponenter ersätts med modernare sådana. Det kan då bli svårt och dyrt att få reservdelar. När föråldrade system och komponenter byts ut kan man ersätta dem med nyare komponenter som ofta har extra funktionalitet. Man kan också försöka upphandla gamla komponenter i en tillräcklig mängd innan de försvinner från marknaden. Eftersom den tekniska utvecklingen gått framåt sedan kraftverket konstruerades får man ofta den extra funktionaliteten hos nya komponenter till ett billigare pris än de gamla komponenterna. Detta har hänt när man redan i flera omgångar har bytt stationsdatorerna på kärnkraftverken i Finland och Sverige.

### 5.6.3 Nya teknologiska möjligheter

Teknologin har utvecklat sig mycket sedan det första kärnkraftaggregatet byggdes i Sverige. Genom utvecklingen har man fått många fler möjligheter att försäkra sig om att grundkonstruktionen är bra och att kraftverken drivs på ett ändamålsenligt sätt. De områden där den teknologiska utvecklingen gått kanske mest framåt är elektronik och materialteknik. Elektroniken har givit grunden för den mycket snabba utveckling som har skett inom informationstekniken. Materialtekniken har gett bättre material samt bättre metoder att förutsäga och kontrollera materialens livslängd.

För kontrollutrustningen på kärnkraftverken går man in för programmerbara system. Problemet är att kunna argumentera för och visa att man får en tillräckligt stor tillförlitlighet för säkerhetskritiska funktioner. Ett programmerbart system kan, om det finns fel i programvaran, låsa sig eller generera oönskade åtgärder. Samtidigt har man svårt att med diversifierade system försäkra sig om att inte fel med gemensam orsak kan uppträda. Problemet är visserligen principiellt det samma som att försäkra sig om att en konstruktion inte innehåller planeringsfel. De nya systemen har fört med sig en komplexitet som används för att göra systemen mera tillförlitliga, men som samtidigt gör den det svårare att bevisa att denna tillförlitlighet faktiskt existerar.

Ny teknik gör sitt intåg och den nya tekniken ger nya möjligheter, men den innehåller också faror. Om man inte tillräckligt väl förstår de krav som kärnkrafttillämpningen ställer, kan det hända att man väljer olämpliga lösningar. Forskning och utveckling bör kunna ge lösningar som är anpassade till de speciella krav som ställs. Då man inför ny teknik bör man också se till att man genom att ta in nya personer och omskola andra så att de har kunskaper för att använda den.

## 6. EN MODELL AV SÄKERHETSARBETET

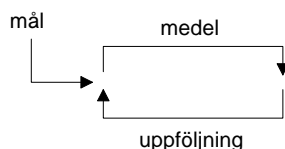
### 6.1 En ansats till en karta över säkerhetsarbetet

#### 6.1.1 Varför en karta

Säkerhetsarbetet har med tiden blivit svårt att överblicka. Orsaken är först och främst att kärnkraftverk är komplicerade. Man måste kontinuerligt ta ställning till många olika frågor, som kan vara svåra att besvara. Säkerheten förutsätter att det som är viktigt varken glöms bort eller sköts dåligt. I granskningen av tekniska och administrativa lösningar räcker det inte att jämföra med väl definierade krav, utan man får också ta ställning till ändamålsenligheten av kraven, effektiviteten av granskningsprocedurerna och tolkningen av granskningsresultaten. Detta har gjort att man behöver en mera övergripande helhetsbild för att bättre kunna se hur de olika delarna av säkerhetsarbetet griper in i varandra. Mot denna bakgrund formulerades behovet av en *karta* över säkerhetsarbetet. Man önskade speciellt att man med hjälp av kartan skulle kunna knyta ihop *krav* och *lösningar*, dvs. beskriva den *stig* man måste gå från krav till tekniska och administrativa lösningar. Man kan se kartan och stigen som metaforer för en beskrivning av säkerhetsarbetet. En sådan beskrivning kan också kallas en *modell*.

Diskussionerna i projektgruppen har under arbetets gång illustrerat hur svårt det är att på ett enkelt sätt beskriva säkerhetsarbetet. Svårigheten hänger ihop med att kärnkraftverk är komplexa och att denna komplexitet som en konsekvens går igen i dess olika styrsystem. Ett styrsystem måste ha samma grad av komplexitet som det system det förväntas styra (requisite variety<sup>19</sup>). En enkel och översiktlig modell blir ofta trivial och en mera detaljerad modell så komplex att den är oandvändbar. Trots svårigheten att hitta en lämplig nivå för en beskrivning vore det viktigt att kunna hitta en sådan, eftersom man för att kunna styra ett system måste man ha en god beskrivning, en modell, av hur det fungerar i olika situationer.

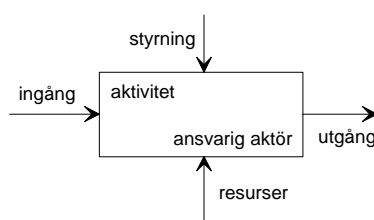
På basen av diskussionerna i projektgruppen valdes som en preliminär karta de tre begreppen *mål*, *medel* och *uppföljning* som beskrivits i inledningen (Figur 13.). Antagandet var att aktiviteter med anknytning till dessa begrepp måste ingå i alla delar av säkerhetsarbetet för att det skall bli effektivt. En modell bestående enbart av dessa begrepp kan dock inte ge den nyanserade bild man behöver för att man skall kunna bedöma om arbetet görs rätt och hur effektivt det görs. Kartan behöver således mera detaljer. Kartan bör också ha en tillräckligt stor generalitet för att olika delar av säkerhetsarbetet skall kunna beskrivas inom samma ram.



**Figur 13** Begreppen mål, medel och uppföljning går igen i alla aktiviteter och på alla nivåer i säkerhetsarbetet.

### 6.1.2 Några begrepp

Säkerhetsarbetet kan delas upp i *aktiviteter* som hänger ihop på något sätt. En aktivitet har ett eller flera mål, den har olika medel till sitt förfogande med vilka målen kan uppnås och aktiviteten granskas i en uppföljning där man vid behov kan ändra mål eller förbättra medlen. En aktivitet arbetar vanligen med en *ingång* och aktiviteten producerar en *utgång*. En aktivitet har till sitt förfogande ett antal *resurser*. Aktiviteten är självstyrande, vilket innebär att den själv väljer metoder för att uppnå mål. Aktiviteten får också en *styrning* från omvärlden som åstadkommer att olika aktiviteter kan koordineras. En aktivitet är kopplad till en eller flera *aktörer* som har ett ansvar för att aktiviteten utförs på ett ändamålsenligt sätt (Figur 14.). Aktörerna ges ofta ansvar för att utveckla sig själva på basen av observerade utfall.



**Figur 14** En aktivitet arbetar med en input och genererar en output. Aktiviteten får en styrning utifrån och den använder sig av ett antal resurser. Aktiviteten ägs av en ansvarig aktör i organisationen.

Aktiviteter delas upp i delaktiviteter och de kan kombineras till överaktiviteter så att man får en hierarkisk struktur. När en aktivitet definieras, startar man vanligen från en mera övergripande beskrivning som delas upp i mindre delar som beskrivs skilt för sig. I den uppdelningen är det viktigt att man inte förlorar blicken för helheten när man går ner i detaljerna. Ofta kan olika aktiviteter dela resurser och koordineras med samma styrningar. Utgången för en aktivitet är ofta ingången för en annan aktivitet och man får då se till att aktiviteterna är konsistent definierade i förhållande till varandra.

Man talar ofta om att ett system eller en aktivitet har en *funktion*. Det betyder att systemet eller aktiviteten är kopplat till ett visst mål. En funktion innebär alltid en intention, som på ett eller annat sätt är byggt in i systemet eller aktiviteten. Funktioner kan definieras hierarkiskt så att en funktion kan delas upp i delfunktioner.

### 6.1.3 Modeller

Modeller används inom vitt skilda områden för att på ett förenklat sätt beskriva system som av olika orsaker kan vara svåra att förstå, svåra att experimentera med eller på något annat sätt ohanterliga. En modell innehåller förenklingar och generaliseringar, beroende av de ändamål för vilka modellen byggts. En modell är en exemplifiering av en teori på så sätt att modellen också innehåller parametrar och algoritmer så att den kan användas för att göra beräkningar. Man kan också säga att modellen är en instans av en teori. Man kan skilja mellan kvalitativa och kvantitativa modeller, så att man med en kvalitativ modell endast beskriver relationer medan en kvantitativ modell dessutom ger storleksförhållanden för relationerna.

När man konstruerar en modell av ett system börjar man med att identifiera begrepp och relationer som man vill beskriva. Dessa utgör modellens byggstenar när man beskriver hur systemets olika delar påverkar varandra. Man separerar ofta mellan modellens *struktur* och *parameterar*. När man byggt en modell måste den valideras dvs. man skall övertyga sig om att den ger en riktig beskrivning av det verkliga systemet. Modellen skall också vara ändamålsenligt i sin beskrivning dvs. den skall ge något som man hade haft svårt att få utan modellen.

En modell av säkerhetsarbetet måste innehålla tidigare diskuterade begrepp. Den måste också representera de hierarkier man använder sig av för att se till helhet och detaljer. Den måste ge en beskrivning av relationerna mellan tekniska och administrativa system. Den måste kunna tala om mål, medel och utfall. Alla aspekter av säkerhetsarbetet kan därför knappast bli intäckta av en enda stor modell, utan man får snarare tala om en modell av tankesätt och begrepp. Själva modelleringsprocessen blir också en viktig komponent i en sådan övergripande modell. Man talar ofta i detta sammanhang om en *metamodell*, dvs. en modell av modeller och modelleringsmetod. Avsikten är då att metamodellen används för att beskriva hur man bygger mera specifika modeller som sedan användas för att beskriva olika aspekter av säkerhetsarbetet.

### 6.1.4 Styrning av system

Man är intresserad av att kunna styra säkerhetsarbetet så effektivt som möjligt. Man kan här använda en analogi med styrningen av tekniska system och de metoder med vilka man ser till att styrningen blir ändamålsenlig och effektiv. En första iakttagelse är att man alltid i ett styrsystem bygger in ett mål. Detta mål kan vara mer eller mindre tydligt i styrsystemets konstruktion och det byggs ibland in i det styrda systemet t.ex. när man gör konstruktionen sådan att ett system är självstabiliserande.

Kausalitet är ett viktigt begrepp i styrningen av system. Man ingriper via en ingångsvariabel för att kunna få en önskad förändring i utgångsvariablerna. Man påverkar genom beroendeförhållandet mellan ingångs- och utgångsvariablerna det styrda systemet för att nå det mål som man ställt upp. En styrning kan påverka direkt utan hänsyn till tillståndet av det styrda systemet och då talar man ofta om ett *öppet* styrsystem. Styrningen kan också kontinuerligt beakta tillståndet av det styrda systemet så att styrningen reagerar på avvikelser mellan mål och utfall. Man talar då om en *åter-*

*koppling*. Som regel kan man säga att en styrning inte kan fungera utan att en sådan återkoppling finns. Ibland försöker man i styrningen beakta att det styrda systemet har en tidsberoende dynamik och anpassa styrningen till denna. Man kan då beroende på hur man gör detta tala om en styrning med framåtkoppling eller en styrning med referens till en modell. Styrssystem byggs ofta hierarkiskt så att man från en högre nivå inte styr direkt, utan via mål som man definierar för en lägre nivå.

Vid styrningen av system talar man ofta om godheten av styrningen. För detta ändamål definierar man ett sätt att väga avvikelser från de mål man ställt upp för styrningen. Man talar här om en målfunktion som man försöker optimera. I målfunktionen kan man väga samman en kombination av avvikelserna och den insats man måste göra för att styra systemet. På samma sätt kan man vid styrningen av säkerhetsarbetet tänka sig att väga samman en uppnådd säkerhetsnivå med den arbetsinsats man måste sätta in för att nå den.

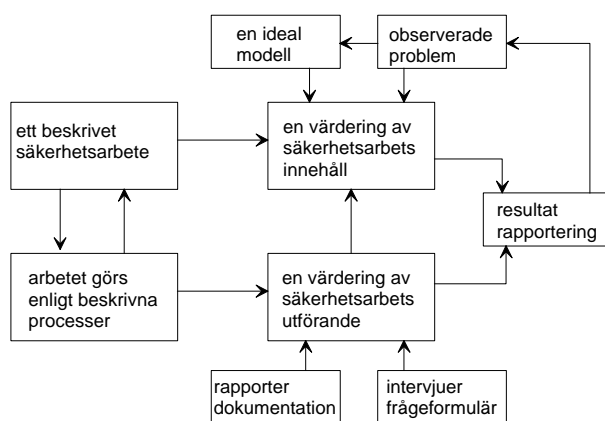
I samband med tekniska system talar man ofta om adaptiva och lärande system. Detta betyder att man i styrssystemet bygger in ett slag av självinställning som gör att styrssystemet söker parametrar och en struktur som uppfyller de mål man ställt för styrningen. Styrssystemet fungerar då till en början inte speciellt bra, men att det sedan med tiden ställer in sig och fungerar allt bättre.

Styrssystemet gör att helheten uppför sig på ett sätt som är lätt att förutsäga så länge styrssystemet inte får fel. Om man vill beakta att fel kan uppstå i styrssystemet måste beskrivningarna vara mera detaljerade. Ett styrssystem som fungerar klanderfritt gör att man får svårare att se de kausala sambanden mellan olika variabler i systemet, eftersom störningar tas om hand och dämpas ut. Det kan också vara svårt att förstå hur styrssystemet fungerar om man inte har en beskrivning av de inbyggda målen. Man kan för sådana styrssystem tala om intentionella system för att indikera att de i sin struktur innehåller mål och sätt att uppnå dem. Man kan också säga att de inbyggda målen ger en teleologisk förklaring till hur systemen uppför sig. Detta betyder inte att den kausala förklaringen blir åsidosatt, men att den kan vara opraktisk som en modell i ett system där kausala förklaringarna är betingade av människors uppfattningar, attityder och önskemål.

### **6.1.5 Säkerhetsarbetets två komponenter**

På en mycket övergripande nivå karakteriseras säkerhetsarbetet av två delar, en beskrivning av hur säkerhetsarbetet görs och ett sätt att arbeta som stämmer överens med beskrivningen. Säkerhetsarbetet måste alltid vara beskrivet tillräckligt noggrant, dels för att man skall ha en norm som man arbetar mot och dels för att kunna förklara säkerhetsarbetets innehåll för utomstående. Om inte säkerhetsarbetet görs på det sätt som det är beskrivet uppstår alltid problem. Alla rutiner måste vara analyserade och förankrade hos de organisatoriska enheter som utför dem. Om en diskrepans föreligger måste man antingen ändra på beskrivningen av säkerhetsarbetet eller de rutiner man använder.

Säkerhetsarbetets två komponenter ger ett förslag till hur säkerhetsarbetet kan granskas (Figur 15.). Det första steget i en granskning är att försäkra sig om att säkerhetsarbetet, så som det är beskrivet, är ändamålsenligt och effektivt. Det betyder på sätt och vis att man gör en jämförelse mot en normativ modell. Det andra steget i granskningen är att förvissa sig om att alla delar av arbetet faktiskt utförs enligt beskrivningen. Det första steget i granskningen kan ibland vara svårt, eftersom en bra normativ modell av säkerhetsarbetet kan vara svår att få. Denna normativa modell bör dessutom kunna ifrågasättas, vilket igen betyder en jämförelse med någon ideal modell (jfr. kapitel 1.3). Avsaknandet av en ideal modell betyder i praktiken att man får därför göra jämförelsen med vad som förefaller rimligt och med vad som fungerar i det aktuella fallet. Det andra steget av granskningen är lättare, eftersom man här har något att jämföra med.



**Figur 15** Säkerhetsarbetet skall vara beskrivet och det skall utföras enligt beskrivningarna. Man kan sedan värdera arbetets innehåll och hur det utförs. För att värdera innehållet behövs något slag av ideal modell.

Säkerhetsarbetets två komponenter är relaterade till kvalitetsarbetet. Man talar om en definierad kvalitet och ett beskrivet sätt att nå denna kvalitet. Beskrivningen av säkerhetsarbetet bör innehålla en beskrivning av både definierad kvalitet och hur man i olika aktiviteter når denna kvalitet. Som en del av kvalitetsarbetet definierar man också de auditeringar man gör, dels för att se till att åstadkommen kvalitet uppfyller definierad kvalitet och dels för att förvissa sig om att olika aktiviteter görs på beskrivet sätt. På basen av auditeringarna görs förslag till förändringar antingen av definierad kvalitet eller de aktiviteter man använder för att nå den. Man brukar ibland tala om kvalitetsarbetets olika aktiviteter som en kvalitetsprocess.

### 6.1.6 Organisationen sedd som ett styrsystem

Man kan med en analogi se organisationen som det styrsystem med vilket man ser till att alla aktiviteter i säkerhetsarbetet sker på ett ändamålsenligt och effektivt sätt. För att organisationen skall fungera effektivt som ett styrsystem måste man beakta många speciella karakteristika. Först och främst är organisationen implementerad av människor genom människor, vilket betyder att man måste förstå för hur dessa uppför sig i olika

situationer. En sådan förståelse kan erhållas endast om organisationen har en tillräcklig grad av självförståelse, en modell av sig själv.

Säkerhetsarbetet är för stort och komplicerat för att en ensam person skall kunna att hantera alla delar och man måste därför dela upp arbetet i lämpliga delar som koordineras. Koordineringsinsatsen är mycket viktig, eftersom man av effektivitetsskäl vill undvika onödigt arbete, men samtidigt se till att allting som är viktigt blir gjort.

Organisationer har egna system för att definiera mål, välja medel för att nå dem och följa upp resultaten. Dessa system finns på olika nivåer, så att organisationen binds ihop vertikalt och horisontellt. En organisation har också system för att anpassa sig till ändringar i verksamhetsförutsättningar. Det sker dels genom att utveckla kompetensen hos de individer som organisationen består av och dels genom att utveckla organisations metodförråd.

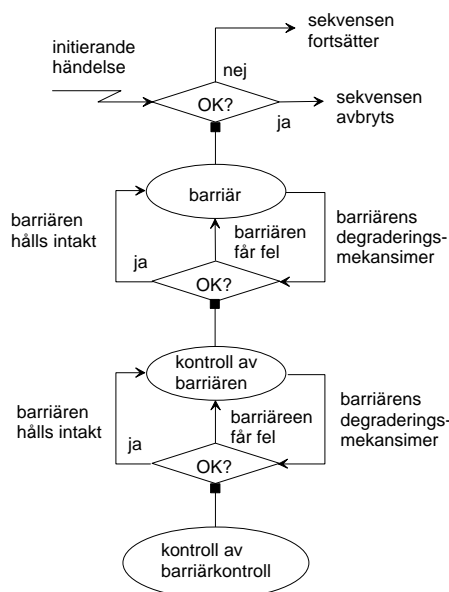
Man kan också tala om organisationens minne, som består av den samlade kompetensen hos dess individer samt den praxis som organisationen har utvecklat. Man talar också om den formella och den informella delen av organisationen. Med den informella delen av organisationen menar man den praxis som följs trots att den inte är nedskriven och formellt implementerad. Den formella och informella organisationen har en koppling till vad man kallat uttalad och tyst kunskap. Som regel gäller att ju mera kunskap förvandlas från tyst till uttalad kunskap, desto lättare kan organisationen använda den. Det räcker inte bara att göra rätt, utan man också förstå varför det rätta är rätt.

### 6.1.7 Barriärer

Begreppet *barriär* har en viktig plats i säkerhetsarbetet. I begreppet inbegrips dels ett hot och dels en åtgärd som bryter den kausala kopplingen mellan händelse och utfall. Man kan använda sig av både fysiska, tekniska och administrativa barriärer. En fysisk barriär byggs in i konstruktionen och sådana är t.ex. bränslets kapsling, de tryckhållande komponenterna och inneslutningen. En teknisk barriär kan åstadkommas genom att man initierar automatiska styråtgärder om ett hot realiserar och sådana är t.ex. de skydds-system med vilka man i en haverisekvens ger härden kylning. Administrativa barriärer kan utgående från olika hot byggas in i rutiner och procedurer och sådana finns bl.a. i säkerhetstekniska föreskrifter och i driftinstruktioner.

Man kan också göra en uppdelning av primära och sekundära hot. Ett primärt hot kan t.ex. uppstå genom möjligheten för ett brott i något tryckhållande rör och till det kopplas en bestämd barriär. Ett sekundärt hot kan då bestå i att denna barriär av någon orsak inte fungerar när den behövs. Mot sådana sekundära hot kan man då bygga in extra barriärer. Sådana sekundära barriärer byggs ofta in i de administrativa systemen (Figur 16.). På ett liknande sätt kan myndighetsövervakningen ses som samhällets barriär mot ett hot att kraftbolagen på något sätt brister i sitt ansvar för säkerheten.





**Figur 16** Man inrättar barriärer mot olika hot i möjliga händelsekedjor. För att barriärerna skall hållas intakta installeras kontroll av barriären. Också barriärkontrollen kontrolleras med sin egen kontroll.

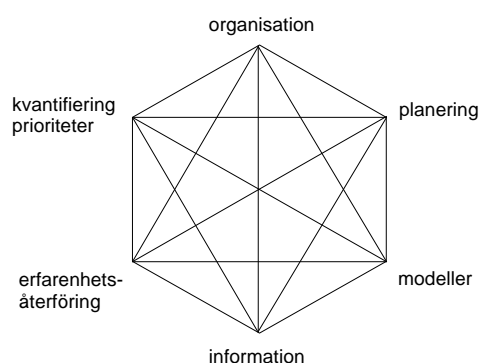
Principerna om redundans och diversitet ger ett sätt att använda sig av barriärer för hotet att system och komponenter får fel. Principerna kan också användas för administrativa barriärer. Organisationen måste bygga in tillräckligt mycket redundans så att den inte blir handikappad i en oväntad situation. Man måste också se till att man har diversitet i olika aktiviteter, eftersom människor har en tendens bli mindre uppmärksamma om allt verkar gå bra. Begreppet nyckelkompetens kan ge anledning till att diskutera vilka barriärer som behövs för att den inte skall hotas.

### 6.1.8 En metamodell av säkerhetsarbetet

När säkerhetsarbetet byggs upp kan man använda principer och metoder för att vara rimligt säker på att slutresultatet är tillräckligt bra. Om man kan peka ut ett antal grundprinciper, är det till hjälp både när man bygger upp administrativa system och när man granskar hur de fungerar. Grundprinciperna måste vara tillräckligt enkla så att de går att tillämpa på säkerhetsarbetets olika delar, men samtidigt tillräckligt utvecklade för att ge mera än triviala sanningar. Grundprinciperna skall kunna användas både för att se till helheten och delarna. Man kan använda sig av olika metoder för att bygga upp systemen och för att granska dem. Metoder kommer då att bygga på grundprinciperna och man kan granska metoderna till den del de implementerar principerna. Grundprinciperna måste också vara omfattbara, dvs. att de skall kunna förmedla ett omedelbart intryck av att vara till nytta för säkerheten. De skall också vara oberoende av den organisation på vilken de tillämpas.

Säkerhetsarbetets grundprinciper kommer på sätt och vis att representera en modell av säkerhetsarbetet och de skall samtidigt kunna styra en mera detaljerad modelleringsprocess. Man kan därför kalla dem komponenter av en metamodel.

Den kanske viktigaste principen i säkerhetsarbetet är att man måste organisera sig, man måste hitta ett fungerande sätt att dela upp säkerhetsarbetet i komponenter och utföra dem på ett koordinerat sätt. Den andra grundprincipen är att säkerhetsarbetet måste innehålla en systematisk planering som formulerar mål för verksamheten och utvecklar metoder med vilka målen kan nås. En tredje grundprincip är att man måste ha en effektiv begreppsapparat och modeller med vilka man kan beskriva säkerhetsarbetet med alla dess kausala och intentionella kopplingar. En effektiv informationshantering kan formuleras som en fjärde grundprincip och principen om erfarenhetsåterföring som en femte. Den sista grundprincipen har att göra med kvantitativa effektivitetsmått som behövs för att prioritera och resurssätta olika aktiviteter. Grundprinciperna är inte isolerade utan de samverkar med varandra (Figur 17.).



**Figur 17** Säkerhetsarbets grundprinciper står i nära relation till varandra.

Ovan nämnda grundprinciper syftar till att ge metoder för att diskutera och granska organisatoriska samband, men de kan i en viss utsträckning användas även för mera tekniska sammanhang. Grundprinciperna kan sedan delas upp i underliggande principer för att ge dem mera detaljrikedom. Säkerhetsarbetets grundprinciper diskuteras mera i detalj i nästa avsnitt.

## 6.2 Säkerhetsarbetets grundprinciper

### 6.2.1 Hur säkerhetsarbetet organiseras

Säkerhetsarbetet på ett kärnkraftverk bygger på en insats av många olika personer. Man måste därför ha ett sätt att dela upp arbetet mellan dem och koordinera deras insatser. Uppdelningen av arbetet kan göras på många olika sätt, men man försöker vanligen hitta en kompromiss mellan uppdelning på funktioner och system. I uppdelningen av arbetet försöker man täcka in alla behov, men får så litet överlappning som möjligt. Vissa

aktiviteter kommer dock att utföras av flera organisatorisk enheter, såsom t.ex. säkerhetsgranskningen där många andra utöver en säkerhetsavdelning är inblandade.

Organisationen byggs upp genom att man definierar *ansvar* och *befogenheter*. Ansvar och befogenheter förutsätter i princip ett avtal mellan två parter, den ena som ger och den andra som tar emot. På den översta nivån kan man tala om att samhället ger kraftbolagen befogenheter att driva kärnkraftverk under ett visst ansvar. Inom kraftbolaget betyder detta att man defierar en linjeorganisation där chefer ger sina underlydande ansvar och befogenheter som de tar emot och använder i det löpande arbetet. Linjeorganisationen delas hierarkiskt upp i enheter, som på olika nivåer kan kallas t.ex. avdelningar, kontor och grupper. De olika enheterna tilldelas ett ansvar för någon del av driften, underhållet eller säkerhetsarbetet. Enheternas chefer ges befogenheter, som står i relation till enhetens ansvar. När man talar om olika aktiviteter för man ofta fram att de bör ha en ägare, med vilket man menar ett ansvar som sträcker sig över en meningsfull helhet och befogenheter att organisera arbetet i denna. Parallellt med en linjeorganisation brukar man definiera projekt för att hantera uppgifter som är begränsade i omfattning och tid.

Modern organisationsteori för ofta fram att man skall delegera beslut neråt i organisationen till en nivå, där man rimligt har den information som behövs för att beakta helheten. Man talar också om att försöka klara sig med en grund organisation, det vill säga en organisation med så få hierarkiska nivåer som möjligt. Samtidigt måste man ha tillräckligt många nivåer för att cheferna på varje nivå skall ha en rimlig möjlighet till en effektiv kommunikation med alla sina underlydande på nästa nivå.

När säkerhetsarbetet organiseras måste man beakta att resursbelastningen sällan fördelar sig lika över tid. Ibland kommer man kanske att ha för litet, men ofta för mycket att göra. Organisationen måste därför ha en metod att absorbera den extra resursbelastning som t.ex. kan uppstå genom oväntade händelser. Människor i en stressad situation har alltid svårt att fatta riktiga beslut. Organisationen kan också stöda individerna genom att placera dem i uppgifter de klarar av samt ge dem utbildning och beslutsstöd.

När man definierar och bygger upp en ny organisation måste man ha en god känsla för de individer man har att göra med. Man måste kunna förstå dem som människor och göra en bedömning av vad de kan och vill göra. Man måste också förstå att ansvar och befogenheter påverkar den syn en individ har på sin omgivning samtidigt som han eller hon faller in i ett visst rollbeteende. En person i en förmansuppgift måste kunna ta och komma överens med sina underlydande och den egenskapen kan ibland vara svår att se på förhand. Man måste också ta hänsyn till attityder och föreställningar i olika frågor. Man måste ha en god uppfattning hur enskilda individer fungerar både självständigt och i grupp.

### 6.2.2 Systematisk planering

En systematisk planeringsverksamhet är viktig inte bara i säkerhetsarbetet, utan i alla aktiviteter inom kärnkraftindustrin. I den systematiska planeringsverksamheten ingår dels en formulering av mål och dels en identifiering av metoder med vilka dessa mål

kan nås. Man kan säga att den systematiska planeringen bygger på ett systemtänkande. Den systematiska planeringen är kopplad till organisationshierarkin på så sätt att man samlar information nerifrån och upp, medan man definierar mål och bryter ner dem i delmål i en process uppifrån och ner. I den process i vilken man formulerar mål kan det ibland vara praktiskt att tala om primärmål och sekundärmål. En aktivitet har ett primärmål, men kan med en lämplig formulering samtidigt fås att tjäna ett sekundärmål. Ett exempel är säkerhetsanalyserna som har ett specifikt primärmål, medan de kan användas också för att stöda sekundärmål såsom utbildning och utveckling av kontrollrumslösningar. Fördelen med att samtidigt se till både primär- och sekundärmål är att man får en större effektivitet i helheten.

En formulering av mål och en nedbrytning av övergripande mål i delmål kan ibland vara svårt. En svårighet ligger i att det är lätt att blanda ihop mål och medel. En annan svårighet i att definiera mål hänger ihop med tidsaspekten dvs. hur man kan väga samman ett mål som nås vid en viss tidpunkt med ett annat som nås vid en annan tidpunkt. Långsiktighet i planeringen förutsätter vanligen att en tillräckligt stor vikt läggs på mål som för att nås genom förutsätter att först skapar tillräckliga förutsättningar. När man ser på mål och medel i ett tidsperspektiv talar man ibland om *strategisk, taktisk* och *operativ* planering.

Den systematiska planeringen förutsätter inte bara en hantering av mål, utan också av medel och metoder. Valet av metoder måste vara målstyrt, eftersom en viss metod kan vara bra för vissa mål, medan en annan kan vara bättre för andra. En metod kommer också mer eller mindre underförstått att innehålla modeller av den verksamhet som man planerar. I beslutsfattande processer måste man göra en inventering av tillgängliga metoder och bland dem välja de som har den största potentialen. Ibland kan det bli nödvändigt att göra en finslipning av intressanta metoder t.ex. i pilotprojekt som senare kan leda till en mera genomgripande implementering.

Den systematiska planeringen innebär en formalisering av de rutiner i vilka man definierar mål och medel. Den systematiska planeringen genomförs vanligtvis i samband med de processer som används för strategisk planering och för utarbetandet av verksamhetsplaner. Budgetprocessen blir i praktiken ofta styrande för planeringen och i denna process reserverar man de resurser som behövs för olika aktiviteter. Eftersom man alltid är resursbegränsad tvingas man att prioritera olika mål. Ibland händer det att olika delmål är beroende av varandra och då måste man nå en balans mellan dem, så att mera övergripande mål kan uppfyllas på bästa sätt.

Hanteringen av mål och medel måste vara transparent, så att man ser hur valda lösningar har kommit till. Man har också ett behov av att kunna spåra sambanden mellan mål och krav å ena sidan samt de tekniska och administrativa lösningarna å andra sidan. Processerna för att hantera mål och medel måste vara dokumenterade och bli värderade med jämna mellanrum, så att man kan vara säker på att de uppfyller de krav man kan ställa på en kvalitetsstyrd process.

### 6.2.3 Beskrivningar och modeller

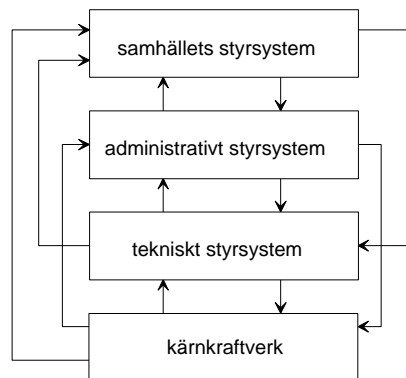
Beskrivningar och modeller är viktiga komponenter i säkerhetsarbetet. Som redan tidigare konstaterats ingår beskrivningar och modeller av det styrda systemet som en del av styrsystemet. Beskrivningar och modeller är ännu mera viktiga i ett styrsystem som implementeras genom administrativa rutiner, eftersom man är beroende av att redogöra för hur systemet är tänkt att fungera.

Svårigheten i att få fram bra beskrivningar och modeller hänger samman med modellarbetets grunddilemma, hur få beskrivningar som samtidigt är både generella och detaljerade. Man kan knappast uppfylla båda kraven i en helhetsmodell, men man kan ofta i en hierarki av modeller ta fram det som är det mest viktiga i olika situationer. Ett krav är visserligen då att alla modeller sinsemellan är konsistenta. Modellerna skall tillåta både en överblick och en inblick, så att man vid behov på ett lätt sätt kan röra sig mellan helhet och detaljer. Man kan också ha olika modeller för olika ändamål, eftersom de vanligen skräddarsys för att lyfta fram en viss aspekt i systemet. Modellerna skall inte bara täcka in det styrda systemet, utan också styrsystemet, så att man förstår hur möjliga fel i styrsystemet påverkar helheten.

Beskrivningar och modeller används i princip på två olika sätt, dels används de för att planera aktiviteter och dels används de för att diagnosticera felfunktioner. Modellerna hjälper till med att föra in målsättning och intention i planeringen av ett system och man kan testa olika lösningar innan de implementeras. För diagnosticering hjälper modellerna till med att koppla samman händelser och symtom, så att man kan få en rimlig tillförsikt i att den diagnos man väljer är den rätta.

Modellerna bör kunna beskriva kopplingar mellan delsystem och således beskriva hur helheten uppför sig som en interaktion mellan delarna. Modellerna bör också kunna integrera en tidsaspekt så att t.ex. organisationens minne kan behandlas. För att kunna modellera ett system där organisation och människor är en viktig del av helheten, måste man också kunna få med hur en medvetenhet om möjligheter och problem påverkar handlande. Modellerna består inte bara av formella modeller, utan man kan också i begreppet läsa in en mera generell användning av teorier, modeller, analogier och metaforer.

Modellerna bör omfatta både kärnkraftverket och det tekniska styrsystemet. Man måste också få med det administrativa styrsystemet, som blir operativt genom personalen på kärnkraftverket. Utöver det tekniska och det administrativa styrsystemet kan man även tala om samhällets styrsystem, med vilket man försäkras om att kärnkraftverket samt det tekniska och administrativa systemen fungerar som det är tänkt. Samhällets styrsystem blir operativt genom de övergripande krav man specificerar för säkerheten och det myndighetsarbete som genomförs för att förvissa sig om att kraven är uppfyllda. Styrsystemen är kopplade till varandra och till kärnkraftverket (Figur 18.).



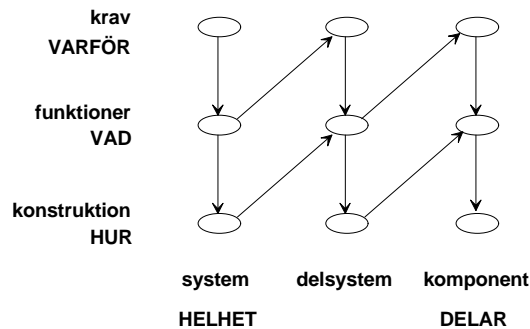
**Figur 18** Säkerheten i ett kärnkraftverk styrs av system på flera nivåer.

### 6.2.4 Informationshantering

Säkerhetsarbetet bygger på en effektiv informationshantering. Man särskiljer ibland mellan data och information så att data satta i ett sammanhang kallas information. Informationshanteringen bygger således på underliggande begrepp och modeller. Man kan utarbeta modeller för informationshanteringen går till och man kan då tala om data i ett livscykelperspektiv med skeden som datainsamling, dataförädling, datalagring, databehandling, datapresentation och skrotning av data. Man brukar också sträva efter att data tas in i informationshanteringen på en enda väldefinierad punkt och därifrån kopieras vidare enligt en trädstruktur för att undvika inkonsistens som kan komma från data med olika ålder.

Man bör skilja mellan olika informationstyper. De är kopplade till underliggande modeller som samtidigt definierar en struktur för informationen. En viktig komponent i informationshanteringen är att själva kärnkraftverket med dess av system och funktioner är beskrivet på ett ändamålsenligt sätt. Problemet är att kunna välja ett betraktelsesätt och sammanhang, som gör det möjligt att hantera insamlad information på ett intelligent sätt. Man bör samtidigt kunna se både till helhet och delar samt till ett funktionellt sammanhang. Man talar därför ibland om två dimensioner, den ena en aggregationsdimension som används för att ge en relation till system, delsystem och komponenter samt den andra en abstraktionsdimension som ger en relation till mål, funktioner och konkreta lösningar. En beskrivning av information med avseende på en aggregations- och abstraktionsdimension gör det lättare att i informationshanteringen navigera mellan olika betraktelsesätt på ett konsistent sätt. Dimensionerna gör det lättare att definiera datavandringen i ett informationssystem.

Konstruktionsprocessen framskrider vanligen samtidigt längs aggregations- och abstraktionsdimensionen. Från större helheter rör man sig mot en större detaljrikedom så att de stora dragen i systemkonceptet slås fast före detaljerna konstrueras. På samma sätt härleder man funktioner från mål och krav som sedan konkretiseras i tekniska lösningar (Figur 19.). I detta sammanhang är det viktigt att man säkerställer en spårbarhet i härledningarna så att man kan se hur mål och lösningar hänger ihop. Kartans metafor av en stig mellan krav och lösningar passar in i detta sammanhang.



**Figur 19** Konstruktionsprocessen framskrider samtidigt från abstrakta begrepp och större helheter till konkreta detaljkonstruktioner för enskilda komponenter. I den ena riktningen kan man tala om en aggregationsdimension mellan helheter och delar. I den andra riktningen talar man om en abstraktionsdimension där man går från krav via funktioner till konstruktion.

Dokumentationen är en viktig del av informationshanteringen. Man måste se till att man har rutiner för att generera och upprätthålla en dokumentation som till alla sina delar är täckande och konsistent. Dokumentationen måste också vara sådan att man lätt kan hitta det man behöver.

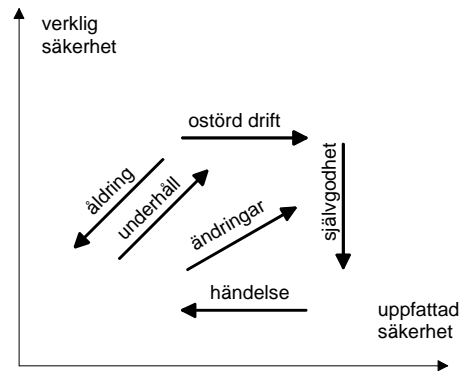
### 6.2.5 Erfarenhetsåterföring

Erfarenhetsåterföring är en viktig komponent i säkerhetsarbetet. Man måste systematiskt samla in drifterfarenhet, analysera den och omsätta erfarenheten i konkreta förbättringsåtgärder. Erfarenhetsåterföringen är viktig av två orsaker, dels för att man från början inte kan ta alla faktorer i beaktande som påverkar säkerheten och dels för att följa hur olika åldringsmekanismer framskrider.

Erfarenhetsåterföringen betyder att man samlar in information, men man måste ha en tröskel som bestämmer vilken information som skall samlas in. Det är viktigt att denna tröskel inte ställs för lågt så att systemet blir överbelastat av för mycket irrelevant information, men tröskeln bör inte heller ställas för högt, så att man missar något som är viktigt. Erfarenhetsåterföringen skall inte endast rikta sig mot den omedelbara lärdomen som kan dras, utan man skall också göra en översyn av mål som ställdes och medel som användes. Man bör se över de modeller man använt och uppdatera dem. Här talar man ibland om en inlärningsprocess som har två återkopplingsslingor, i den ena tas den omedelbara lärdomen om hand i den andra uppdateras systemet.<sup>20</sup>

Erfarenhetsåterföringen kan ses som en barriär mot det hot som realiserar genom olika åldringsmekanismer. Administrativa system kan råka ut för åldring bl.a. genom glömska och slentrian. Man kan genom tester och provning följa med hur åldring fortskrider och vid behov byta ut system och komponenter. Man kan också se åldringsmekanismer i ett samspel mellan en verklig och en uppfattad säkerhet. Den verkliga säkerheten är inte

mätbar, men man kan skapa sig en indikation av denna i de olika processer i vilka man granskar konstruktion och administrativa rutiner. De indikationer man samlar kombineras till en uppfattad säkerhet. Man kan då ställa upp en kvalitativ bild på hur olika processer och händelser påverkar verklig och uppfattad säkerhet (Figur 20.).



**Figur 20** Drifterfarenheter och åtgärder påverkar både en verklig och en uppfattad säkerhet.

En effektiv erfarenhetsåterföring är mycket kopplat till vad man brukar kalla en lärande organisation. I en sådan organisation har man olika processer för utbildning och kompetensutveckling. Inläring kan bäst ske i en slinga av systematisk planering där man beaktar dels de omedelbara behov för en förbättring och dels de mera långsiktiga behov som speglas i organisationens sätt att hantera problem. Man kan också säga att erfarenhetsåterföringen är en viktig del av hur organisationen förvaltar sitt minne. En lärande organisation är anpassningsbar och den kan växa eller krympa beroende på behoven.

### 6.2.6 Hur prioritera olika komponenter av säkerhetsarbetet

En sista grundprincip i säkerhetsarbetet är en strävan mot kvantitativa uppskattningar. Endast en kvantitativ uppskattning kan ge vägledning hur man skall prioritera olika säkerhetsförbättrande åtgärder. I utvecklingen av säkerheten är man alltid bunden av tillgängliga resurser. Man försöker därför hitta åtgärder som är resurseffektiva i sin säkerhetshöjande inverkan. Trivialt kan man säga att enkla och billiga säkerhetsförbättringar alltid bör göras, lika väl som åtgärder som är mycket viktiga för säkerheten trots att de kan vara dyra. PSA studierna är ett analysverktyg som kan ge en sådan kvantitativ uppskattning av säkerhetsnivån.

Man talar i detta sammanhang ofta om en analys av kostnader och nytta. Man måste göra en sådan för att kunna göra rationella beslut om hur investeringar skall allokteras. En sådan analys kan också användas för att styra viktiga beslut så att man definiera en kostnadsnivå då en säkerhetsförbättring bör göras. Om säkerhetsnivån är väl balanserad kan man tala om ett Pareto-optimum, vilket betyder att olika säkerhetsförbättrande åtgärder har en balans, så att alla ger ungefär samma marginalkostnad för en viss ökning i säkerheten.



I praktiken har man ofta stora osäkerheter både i risk- och kostnadsuppskattningar. Det betyder då att tvingas använda robusta beslutsregler för vilka säkerhetsförhöjande åtgärder. En sådan beslutsregel är att i första hand minska de risker som ger ett oproportionerligt stort bidrag till den allmänna riskbilden. Man får också beakta att kombinationer av åtgärder ibland kan vara mycket resurseffektiva.

Ett problem i det här sammanhanget är att få en kvantifiering av faktorer som har att göra med människor och organisation. De modeller som finns tillgängliga tillåter sällan en trovärdig kvantifiering. Det betyder att man har svårt att genomföra en formell resursoptimering, utan en sådan får göras mera intuitivt. Man kan ibland tala om att försöka få en förnuftig balans mellan ytterligheter och man kan då ha nytta av att gå igenom olika motsatsförhållanden som skall balanseras (jfr. tabell 2). I det praktiska arbetet uppträder ofta ett krav att balansera mellan olika målsättningar. Detta händer t.ex. i provningsverksamheten, där man ibland får balansera mellan målet att få en uttömmande bild av hur åldringen för en viktig komponent framskrider och en önskan att hålla strålningsdoser på en låg nivå.

## 6.3 Hur modellen kan användas i granskningsprocessen

### 6.3.1 En validering av modellen

När man ställt upp en modell är den viktigaste frågan hur väl den avbildar verkligheten. Modellen av säkerhetsarbetet i det förra avsnittet är egentligen inte en modell i sig själv, utan kan ses som komponenter av en modelleringsmetod. Av diskussionen i tidigare avsnitt kan man genast se att de beskrivna komponenterna finns med i säkerhetsarbetet.

**Tabell 2** Det är viktigt att balansera mellan ibland motstidiga mål.

säkerhet – ekonomi  
 centraliserade – distribuerade beslut  
 hantera detaljer – bibehålla översikt  
 tillåta olikhet – pressa in alla i samma mall  
 upprätthålla traditioner – föra in nyheter  
 formella – informella regler  
 övervaka och rapportera – ge förtroende och ansvar  
 individtyckande – organisationen har en egen linje  
 lita på sig själv – vara villig att lyssna på andra  
 ha en egen kompetens – vara villig att köpa in  
 vara nöjd – arbeta för förbättringar  
 samarbeta – tävla om makt och resurser

Man bör också fråga sig om modellen är fullständig i den meningen att det som är viktigt faktiskt täcks in under de sex rubrikerna. Inte heller här är det möjligt att göra en formell validering, men rubrikerna har med avsikt givits en bred formulering för att ge en flexibilitet med avseende på de delkomponenter som förs in under dem. En nackdel

med en sådan allmän formulering är att den kanske inte är tillräckligt exakt för att ge tillräckligt detaljerade beskrivningar. En egenskap hos komponenterna så som de är skrivna är också att de egentligen alla kommer att ingå i varandra. En bedömning av modellens giltighet och nytta kan göras när den använts för konkreta ändamål.

### **6.3.2 Är alla delar intäckta**

De säkerhetsprinciper som indikerades i avsnitt 6.2 kan användas för att bygga en mera detaljerad modell av de krav som man kan ställa på en enskild aktivitet. Denna modell kan sedan användas i granskningsarbetet enligt den princip som redan indikerats. Man kan jämföra olika delar av säkerhetsarbetet med modellen för att förvissa sig om att alla viktiga komponenter blivit intäckta. När man gör detta måste man dock märka att en aktivitet kan ha en annan benämning och den kan också vara uppdelad på ett sätt som inte helt stämmer överens med modellen. I sådana fall får man gå ett steg närmare detaljerna för att se om aktiviteten kanske blivit kopplad ihop med någon annan. De frågor man kan tänka sig att besvara är om man gör allt det som är viktigt eller om man kan vänta sig att något viktigt inte fångas upp. Om ansvaret för en viktig aktivitet inte är klart allokerat till en organisatorisk enhet eller person kan det lätt hända att den inte blir skött.

### **6.3.3 Hur fungerar delarna**

När man förvissat sig om att alla viktiga delar av säkerhetsarbetet på ett eller annat sätt finns med i beskrivningen kan man fråga sig hur delarna fungerar var för sig. För att de skall kunna fungera bör de grundläggande säkerhetsprinciperna vara omhändertagna. Det betyder att aktiviteterna skall vara organiserade på ett förnuftigt sätt, de bör innehålla en systematisk planeringsrutin, man skall använda effektiva modeller, informationshanteringen skall vara välordnad, erfarenhetsåterföringen skall fungera och man skall göra en prioritering av de uppgifter man har. På sätt och vis kan man säga att säkerhetsarbetets grundprinciper skall gå igen i alla delar av säkerhetsarbetet, men att de får olika vinklingar och innehåll beroende på den aktivitet på vilken de tillämpas.

Några av de mera detaljerade frågorna kan vara hur ansvar och befogenheter har allokerats inom aktiviteten. Vilka mål har man definierat för aktiviteten och hur väljer man medel för att nå målen. Vilka modeller använder man sig av för att förstå det objekt aktiviteten riktar sig mot och hur detaljerade är de. Hur bra fungerar informationshanteringen och hur lätt är det att hitta information som man behöver. Hur systematiskt samlar man in erfarenhet och hur omsätts erfarenheten i konkreta förbättringar. Hur prioriteras olika delaktiviteter och hur ser man till att resurserna räcker för allt man skall göra.

### 6.3.4 Hur samverkar delarna

När man sett på säkerhetsarbetets delar och förvissat sig om att de fungerar ändamåls-  
enligt och effektivt kan man också se hur de olika delarna samverkar. Denna samverkan  
är viktig eftersom den ger en möjlighet till högre effektivitet. Ett dokument som tas fram  
för ett ändamål kan kanske användas också för något annat ändamål. I en sådan sam-  
verkan är det speciellt viktigt att information sprids effektivt i organisationen om vad  
som är på gång.

Några av de frågor man kan tänka sig att ställa här är hur man ser till att olika delar i  
organisationen samverkar för gemensamma mål och hur man planerar verksamheten.  
Har man speciella metoder och modeller för att göra en samfunktionsanalys. Man kan  
också fråga sig om man i tillräcklig grad har tillgodosett behovet att låta olika aktiviteter  
använda samma information. Hur effektivt fungerar erfarenhetsåterföringen mellan olika  
organisatoriska enheter och hur aktivt tar man till sig av andras lärdomar. Till sist kan  
man fråga sig i vilken utsträckning olika aktiviteter prioriteras och hur man ser till att  
olika aktiviteter får tillräckligt med resurser.

### 6.3.5 Hur är säkerhetsarbetet dokumenterat

En bedömning av hur säkerhetsarbetet är dokumenterat är den sista komponenten i en  
granskning. En mycket detaljerad beskrivning av säkerhetsarbetet är inte ändamålsenlig  
eftersom en sådan kan bli ohanterlig att söka i och att uppdatera. Samtidigt är inte en  
alltför övergripande beskrivning heller bra, eftersom den kan föra med sig att man  
improviserar alltför mycket i detaljerna. Ett övergripande krav på en beskrivning är att  
den är begriplig, fullständig och har en tillräcklig detaljrikedom. Den måste vara  
förståelig för utomstående dels för att den skall granskas bl.a. av myndigheten och dels  
för att underlätta inskolningen av nyanställda. Beskrivningen måste vara transparent så  
att man kan se hur krav och lösningar hänger ihop.

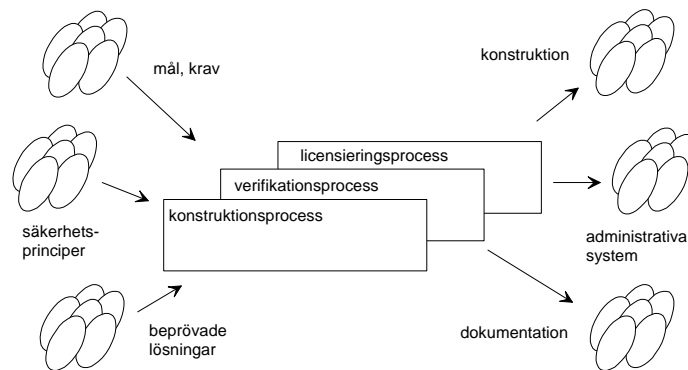
Några av de mera detaljerade frågorna man kan fråga sig är, i vilken grad dokumen-  
tationen täcker kraftverkets konstruktion, administrativa rutiner och andra viktiga  
aktiviteter av säkerhetsarbetet. Man kan också fråga sig om man hittar i dokumen-  
tationen tillräckligt bra, vilket kräver att den är strukturerad efter innehåll. Hur har man  
hanterat kravet på konsistens i dokumentationen och vilka rutiner har man för att  
uppdatera den. Har man speciellt sett till att försäkra sig om en spårbarhet i fråga om  
krav och lösningar. Hur tar man hand om brister i dokumentationen. Sammanfattnings-  
vis betyder det att dokumentationen måste uppfylla krav på tillgänglighet, fullständighet  
och förståelighet.

## 6.4 Några exempel på hur modellen kan användas

### 6.4.1 Konstruktionsprocessen

Den process i vilket ett kärnkraftverk konstrueras och byggs är en mycket mång-  
facetterad process där många aktörer deltar. Leverantören ansvarar vanligen för

konstruktionen och kunden för en redovisning mot myndigheten. Konstruktionsprocessen löper iterativt så att man utgående från mera övergripande specifikationer i flera steg utarbetar en detaljkonstruktion. Parallellt till konstruktionsprocessen löper en annan process, verifierings- och valideringsprocessen, med vilken man kontinuerligt försäkras om att valda lösningar uppfyller ställda krav och att konstruktionen i sin helhet är ändamålsenlig. Parallellt med båda dessa processer löper licensieringsprocessen som utgående från samhällets synpunkt ser till att båda processerna är ändamålsenliga och att resultaten man får uppfyller ställda krav (Figur 21.).



**Figur 21** Tre samverkande processer svarar för att kärnkraftanläggningarna konstrueras och drivs på ett säkert sätt. Mål och krav, säkerhetsprinciper samt beprövade lösningar används för att ta fram konstruktion, administrativa system och dokumentation. I verifikationsprocessen övertygar man sig om att valda lösningar uppfyller kraven och myndigheten ger sitt godkännande i licensieringsprocessen.

Det sätt man organiserar sig i ett konstruktionsprojekt bygger på tidigare erfarenhet. Denna information är dokumenterad i projekt- och kvalitetshandböcker. Man kan då granska att dessa dokument tillräckligt detaljerat redogör för hur man med hänsyn till ovan definierade grundprinciper beskriver arbetsgången. Beroende på projektets storlek organiserar man sig i ett större eller mindre antal delprojekt, vart och ett med sin egen projektledare. Projektledaren för hela projektet ansvarar för helheten och att de olika delprojekten koordineras med varandra. En iterativ konstruktionsprocess är nödvändig för att få olika delar av konstruktionen att hänga ihop, så att man först får de stora linjerna klara innan man går in på detaljer. För detta ändamålet använder man sig ofta av så kallade konstruktionsstyrande beslut som definierar en överenskommen lösning i kontaktytorna mellan olika delprojekt.

För konstruktionsarbetet och för att verifiera att konstruktionen uppfyller de säkerhetskrav man har ställt upp använder man sig av olika modeller. Man använder sig av datoriserade system för att hantera den information som genereras i konstruktions- och valideringsprocessen. Drifterfarenheter från tidigare kärnkraftverk byggs in som förbättringar i konstruktionen. Under konstruktionsprocessen görs kostnadsberäkningar och bedömningar av konstruktionen. Det visar sig ibland att man med en relativt obetydliga ökning av kostnader kan få stora säkerhetsförbättringar om man lyckas beakta dem

tillräckligt tidigt i konstruktionsprocessen. Konstruktionsprojekt genomförs vanligen med en sträng tidtabell för att man skall kunna minimera de kostnader man tar på sig under projektets gång.

De tre processerna avslutas inte i och med att kärnkraftaggregatet tas i drift, utan de fortsätter i det ändringsarbete som görs både i den tekniska konstruktionen och i de administrativa rutinerna. I ändringsarbetet är det speciellt viktigt att förstå bakgrunden till den ursprungliga konstruktionen och de överväganden som gjordes för den lösningen som valdes. Man måste också ta hänsyn till att en föreslagen ändring kan påverka andra system och funktioner.

#### **6.4.2 Säkerhetsanalyserna**

Om man vill göra en granskning av de aktiviteter som svarar för säkerhetsanalyserna kan man utgående från modellen ta upp ett antal punkter och frågor. Man kan fråga sig hur arbetet är organiserat t.ex. om man gör analyserna med egen personal eller om man köper in dem. Båda sätten har sina fördelar och man får då bedöma hur dessa utnyttjas. När det gäller planeringen av säkerhetsanalyserna kan man fråga sig vilka mål man ställt upp för analyserna och hur man säkerställer att effektiva metoder används. Man kan ofta för säkerhetsanalyser ställa upp olika sekundärmål t.ex. att stöda en kompetensutveckling av den egna personalen. Säkerhetsanalyserna använder sig av långt drivna modeller och beräkningsprogram och man kan då fråga sig om ansvariga personer har en tillräcklig kompetens att använda dem och om resultaten tolkas på ett riktigt sätt. Säkerhetsanalyserna kan användas i ett större sammanhang förutsatt att antaganden och resultat anpassas till användare utanför en trång krets av specialister. Då en säkerhetsanalys görs lönar det sig att fästa en speciell uppmärksamhet så att antaganden och indata för analysen är korrekta. Analysen kommer att generera mycket information och det är skäl att se till att denna lagras och dokumenteras på ett sätt, så att man senare vid behov kan upprepa och modifiera analysen. Säkerhetsanalyserna är beroende av en effektiv erfarenhetsåterföring så att viktiga sekvenser kan modelleras och analyseras. Analysmetoderna kan förbättras från ett projekt till ett annat så att man med tiden får allt bättre analyser. PSA-analysen strävar efter en kvantifiering och den ger därför ett utmärkt instrument att väga olika säkerhetsförhöjande åtgärder. Man kan också försöka fråga sig vilken marginell nytta för säkerheten man kunde erhålla genom att satsa mera resurser för att öka detaljrikedomen av säkerhetsanalysen.

Säkerhetsanalysen har viktiga kopplingar till andra aktiviteter. Analysen kan användas som ett verktyg att hitta viktiga förbättringsåtgärder och man kan göra en bedömning av deras inverkan på säkerheten. Säkerhetsanalysen har en viktig koppling till erfarenhetsåterföringen genom att analysen erbjuder ett ramverk i vilket olika händelser kan analyseras. Säkerhetsanalyserna erbjuder också utmärkta exempel för att illustrera ett säkerhetstänkande och de kan därför lämpligt modifierade användas i utbildningen.

### 6.4.3 Erfarenhetsåterföring

En effektiv erfarenhetsåterföring förutsätter en organisation med flera parter för att samla information från kraftverk i hela världen. Aktiviteten delar upp sig i två delar, den ena delen samlar in och analyserar medan den andra omsätter erfarenheterna i förbättringar. För att granska erfarenhetsåterföringen kan man fråga sig hur den har organiserats och hur väl ansvariga personer följer med vad som händer på andra kärnkraftverk. Man kan också fråga sig vilka mål man har ställt upp för erfarenhetsåterföringen och vilka metoder man använder sig av för att göra den effektiv. För att analysera en händelse kan man ibland tvingas göra omfattande arbete för att helt förstå vad som har hänt. Erfarenhetsåterföringen genererar snabbt stora mängder information som måste struktureras och arkiveras för att vara tillgänglig. Man kan också fråga sig hur lätt det går att få fram statistik på händelser och deras orsaker för att kunna göra bedömningar av hur viktiga de är för säkerheten. Erfarenhetsåterföringen måste också ha sin egen erfarenhetsåterföring för att aktiviteten skall kunna utvecklas. Man kan då fråga sig hur bedömningen av verksamhetens effektivitet görs. Till sist kan man fråga sig om man avsätter tillräckligt med resurser på erfarenhetsåterföringen och i vilken mån man kanske gör onödigt dubbelarbete med andra organisationer när man samlar in information och analyserar händelser.

Man kan också fråga sig i vilken utsträckning andra aktiviteter kan använda sig av information som man tagit fram i erfarenhetsåterföringen. Driftstatistik kan erhållas som en del av erfarenhetsåterföringen och den är värdefull i PSA-arbetet. Erfarenhetsåterföringen kan också generera värdefullt material som kan beaktas vid ändringar och moderniseringar.

### 6.4.4 Granskningsverksamheten

Granskningsverksamheten knyter an till många andra aktiviteter. Med granskningen försöker man se till att alla krav man kan ställa på resultatet av en annan aktivitet är uppfyllda. Granskningsaktiviteten är en del av kvalitetsverksamheten. När man granskar granskningsaktiviteten kan man fråga sig hur den är organiserad och hur man säkerställer att också oönskade granskningsresultat beaktas. Man kan fråga sig vilka mål som har ställts upp och vilka metoder man använder sig av. Granskning kräver kvalificerad personal så det kan ibland vara svårt att allokeras tillräckligt med resurser. Man kan fråga sig vilka begrepp och modeller man använder sig av och hur väl de är förstådda av dem vars arbete blir granskat. Granskningsaktiviteten kan kräva stora mängder stödinformation som måste vara tillräckligt lättillgänglig för att användas. Granskningsaktiviteten kräver sin egen erfarenhetsåterföring där man av sådant som har slunkit igenom försöker förstå begränsningar och svårigheter. Det finns ingen övre gräns för hur mycket granskning som kan sättas in och det är därför viktigt att hitta ett sätt att definiera när granskningen är tillräcklig. Granskningsinsatsen bör vara relaterad till den säkerhetsbetydelse objektet för granskningen kan ha.

Granskningen har en koppling till andra aktiviteter, så att de aktiviteter som skall granskas bör ta den kommande granskningen i beaktande och försöka göra materialet

lätt att granska. Man kan också fråga sig vilken kompetens granskarna bör ha och i vilken utsträckning man kan tillåta en tidig interaktion mellan granskarna och de granskade. Ibland är det fördelaktigt att organisera granskningen som en tvåstegsprocess där det första steget innehåller konsultationer, medan det senare steget antingen ger grönt ljus eller stoppar arbetet.

#### **6.4.5 Ändrings- och moderniseringsarbetet**

Ändringar och moderniseringar är det sätt man utnyttjar en ökad drifterfarenhet på kärnkraftverken. Ändrings- och moderniseringsarbeten organiseras vanligen i projekt och man kan då fråga sig hur man tillsett att projektmedlemmar har en nödvändig kompetens. Man kan också fråga sig hur man tillsett att drifterfarenhet i nödvändig mån förs in i projekten. Ändringar och moderniseringar förs vanligen in i den strategiska planeringsprocessen och man kan då fråga sig hur man tillgodosett en tillräcklig långsiktighet i planerna. Det kan också vara bra att ställa upp mätbara mål för ändrings- och moderniseringsarbetet. Ändringar måste hanteras på ett motsvarande sätt som den ursprungliga konstruktionsprocessen med analyser och bedömningar. Ett moderniseringsprojekt kan bli mycket informationsintensivt och man är då beroende av att gamla lösningar är väl dokumenterade. Det kan också vara på sin plats att göra en bedömning av i vilken utsträckning man kan gå över till moderna metoder för informationsbehandling. Ändringsarbetet skall ha sin egen erfarenhetsåterföring mellan olika projekt så att man kan utveckla projekthandböcker och kvalitetssystem. För större moderniseringar genomförs detaljerade ekonomiska kalkyler för att se till lönsamheten och det kan vara fördelaktigt att göra en bedömning av vilket förhållande mellan kostnad och nytta man får på säkerhetsförbättringar som kan införas samtidigt.

Ändrings- och moderniseringsarbetet har många kopplingar till andra aktiviteter. Först och främst kommer alla ändringar att innebära en granskningsinsats vars storlek beror av projektets storlek och den säkerhetsmässiga betydelsen ingreppen har. Alla ändringar som införs kräver en mycket noggrann planering med avseende på både tidtabell och resurser. Vissa delar av ändringarna kan införas under drift och andra endast under revisionerna. Ändringar kan bli mycket resurskrävande, vilket man måste beakta i en mera övergripande bedömning som också bör innefatta myndighetsinsatsen.

#### **6.4.6 Återkommande säkerhetsanalyser**

Den periodiskt återkommande säkerhetsanalysen genomförs vanligen som ett separat projekt och den ger en möjlighet att på ett övergripande sätt gå igenom olika aspekter av säkerhetsbedömningarna. I Finland görs genomgången vanligen i samband med att man förnyar drifttillstånden och i Sverige inom ASAR-arbetet. Hur projektet organiseras och vilket uppdrag det får har en stor betydelse för resultatet. Säkerhetsbedömningarna krävs av myndigheterna, men kraftbolagen brukar ofta bygga in ambition som högre än de absoluta minimikraven. I analysen brukar man också göra en bedömning av hur effektivt drift och underhåll organiserat sig. Planeringen av den återkommande säkerhetsanalysen kräver kompetens och resurser och måste därför passas in bland andra aktiviteter. Beroende på omfattningen av projektet kommer man att upprepa och fördjupa en del del av tidigare analyser och då kan samtidigt en utveckling av modelleringsmetoder beaktas.

Den återkommande säkerhetsanalysen bör också se framåt och försöka identifiera de viktigaste behoven för en fortsatt utveckling. I en periodiskt återkommande säkerhetsanalys kommer man att hantera stora mängder information och det kan därför vara skäl att försöka optimera rutinerna. Man kan i de återkommande säkerhetsanalyserna ställa sig frågan i vilken utsträckning dokumentation har hållits ajour med den änderingsverksamhet som har skett på kärnkraftverket. En stor del av arbetet i den återkommande säkerhetsanalysen går till en bedömning av säkerheten i förhållande till den drift-erfarenhet man fått sedan den förra analysen. En viss utveckling av den återkommande säkerhetsanalysen bör ske så att den kan komma med nya vinklingar och gå mera på djupet. Säkerhetsanalysen kan också göra en jämförelse med en modern kravbild. Ett resultat av en regelbundet återkommande säkerhetsanalys borde alltid vara en prioriterad lista med åtgärder.

De periodiskt återkommande säkerhetsanalyserna kommer att ha kontaktytor mot många andra aktiviteter. Många av de personer som normalt är engagerade i de deterministiska och probabilistiska säkerhetsanalyserna blir inblandade. Man får också göra sammanställningar av den nyaste drifterfarenheten så att den inte bara speglar händelser på den egna anläggningen, utan även på kärnkraftverken runt om i världen. En periodiskt återkommande säkerhetsanalys kräver en stor granskningsinsats både från kraftbolagets och myndighetens sida. Den periodiska säkerhetsanalysen kan föra med sig olika änderingsbehov som då får planeras in i en prioriteringsordning. Den allra viktigaste uppgiften för den periodiskt återkommande säkerhetsanalysen är att man gör en samlad värdering av hur olika delar påverkar helheten.

## 6.5 Begreppsmodeller

### 6.5.1 Varför begreppsmodeller

Utväxlandet av information, dvs. kommunikation, är en viktig del av säkerhetsarbetet. Största delen av denna kommunikation sker med ett naturligt språk. Problemet med naturliga språk är att det sällan är möjligt att uttrycka sig helt exakt, eftersom ord ofta har något olika betydelser för olika personer. Ibland händer det att man använder olika ord för samma begrepp.

Ett sätt att göra formuleringar mera exakta är att utveckla ett kvasiformellt system av begrepp. Ett helt artificiellt språk skulle visserligen vara mera exakt, men ett sådant kan bli svårt att kombinera med det praktiska arbetet. I ett kvasiformellt system av begrepp bestämmer man sig för några centrala grundbegrepp och hur de förhåller sig till varandra. Dessa grundbegrepp ges sedan en möjligast exakt definition och de används sedan uteslutande i enlighet med denna definition.

Begreppsmodeller har den fördelen att de kan datoriseras, vilket betyder att man automatiskt kan genomföra en syntaktisk och i en viss utsträckning också en semantisk analys av dokument där begreppen använts. Man får därför större möjligheter att söka i stora informationsmängder och i en viss mån genomföra automatiska granskningar av innehållet.



## 6.5.2 Objekt, klasser och relationer

Inom programvaroteknik har man redan en längre tid sett behovet att begränsa rikedom i naturligt språk och använda sig av formellt definierade begrepp. Det har lett till att olika delvis konkurrerande modeller har tillämpats, men man kan idag säga att man har en välomfattad konsensus i att tala om objekt och deras attribut. Objekten delas in i klasser som kan ha olika egenskaper. Man kan vidare tala om relationer mellan objekten så att också mängden av relationer har en egen understruktur.

För att hantera objektorienterade begreppsmodeller har man utvecklat datoriserade verktyg. Syftet med verktygen är att man från en begreppsmodell automatiskt kan generera databaser med en struktur som understöder den definierade begreppsmodellen. Ett diplomarbete vid Tekniska högskolan i Helsingfors gjordes för att utreda i vilken mån begreppsmodeller och datoriserade verktyg kan användas i säkerhetsarbetet.<sup>21</sup>

## 6.5.3 En ansats till en begreppsmodell

I tidigare kapitel har begreppen mål, medel och utfall diskuterats ingående. Man kunde då tänka sig att de tas in i en mera formaliserad begreppsmodell där de ges exakta betydelser. Den hierarki i vilken en individ befinner sig kan också beskrivas med begreppen, samhället, kraftbolag (eller myndighet), avdelning, kontor, grupp och individ. Den tidigare nämnda aggregationsdimensionen kunde beskrivas med begreppen helhet, system, delsystem och komponenter. På samma sätt kunde abstraktionsdimensionen delas upp med begreppen funktionellt ändamål, abstrakt funktion, generaliserad funktion, funktionell lösning och konstruktion.<sup>22</sup>

Man kunde också i en begreppsmodell föra in mera formaliserade tolkningar på vad man menar med en aktivitet. En aktivitet kunde då definieras som ett objekt med attributen, namn, mål eller funktion, plats i organisationen, input och output, resurser, styrning och effektivitetsmått. På motsvarande sätt kunde man definiera begreppen projekt och processer. En organisatorisk enhet kunde definieras som ett objekt med attributen, namn, överordnad enhet, chef, medlemmar och uppgifter. En händelse kunde definieras som ett objekt med attributen, tidpunkt, plats, händelseförlopp, hot, klassificering, orsaker och åtgärder. I orsakskedjan hot och barriärer kunde man tala om objektet barriär med attributen hot, funktionskrav, metoder att verifiera barriärens funktion och funktionella krav.

Man kan i en begreppsmodell införa en syntax så att man kombinerar begrepp till satser med en innebörd. Man kan t.ex. tala om en säkerhetsprincip som säkerställer att ett visst krav är uppfyllt. Man kan också tala om beroendeförhållanden mellan funktioner, system och komponenter. En säkerhetsprincip kan t.ex. förutsätta en viss funktion som åstadkoms med ett bestämt system. Systemet kan i sin tur vara beroende av sekundärfunktioner såsom elmatning, kylning, smörjning, etc. Olika system kan också stå i ett beroendeförhållande för att de har samma hjälpsystem eller för att de är lokaliserade till samma utrymmen.

När man konstruerar en begreppsmodell finns det inte någon unik lösning, utan man tvingas välja mellan flera ofta väl motiverade begreppsmodeller. Ett kriterium för att en begreppsmodell är användbar är att den förmår innefatta centrala vardagliga begrepp på ett konsistent sätt. För att konstruera en sådan begreppsmodell krävs vanligen flera ansatser till en modell som diskuteras och förbättras.

#### **6.5.4 Datoriserad vertyg som stöd i säkerhetsarbetet**

Syftet med begreppsmodellerna är som redan tidigare nämnts att bygga datoriserade verktyg för olika ändamål. Den formella begreppsmodellen gör det möjligt att sikta på en helhet, trots att man i praktiken bygger upp de olika delarna separat. Redan nu använder man sig av informationstekniska lösningar, såsom ordbehandlare och ritprogram, för att hålla instruktioner och procedurer ajour med ändringar. Om man över en mängd av datortillämpningar kunde genomföra intelligenta sökningar vore det lättare att uppdatera dokumentationen. Intelligenta dokumentationssystem kunde också göra konstruktionsarbetet lättare dels genom att man lätt hittar referenser till pågående arbete och dels tvingas till att dokumentera konstruktionen genast och på ett mera uttömmande sätt.

Säkerhetsanalyser bygger redan nu till en stor del på datoriserade verktyg. Problemet är igen att verktygen vuxit fram i en fragmenterad process, vilket gör det svårt att få olika verktyg att kommunicera med varandra. Också här kunde en begreppsmodell med tillhörande datarepresentation göra det lättare att hålla de olika delarna samman.

## **7. NÅGRA AKTIVITETER SOM STUDERATS**

### **7.1 En bakgrund för aktiviteterna**

#### **7.1.1 Kriterier för val av aktiviteter**

Säkerhetsarbetet karakteriseras av ett mycket stort antal aktiviteter som är kopplade till varandra på ett inte alltid överskådligt sätt. I en begränsad studie är det inte möjligt att i samma detalj betrakta alla aktiviteter som kunde vara av intresse. Därför valdes några aktiviteter för ett närmare studium. Ett kriterium vid valet av aktiviteter var att de skulle vara av central betydelse för säkerhetsarbetet. Ett annat kriterium var att de skulle vara begränsade till sitt omfång, men ändå så komplicerade att man kunde få en uppfattning om komplexiteten i interaktionen mellan aktiviteter. Vid projektstarten valdes aktiviteterna *riskanalys* och *erfarenhetsåterföring* för att de uppfyller tidigare nämnda kriterier och för att den ena representerar framåtkopplande medel och den andra en

återkopplande uppföljningen i säkerhetsarbetet. Under projektets gång tillkom aktiviteterna *granskning* och *ändringsarbete* för att preliminära resultat pekade på att man även här hade intressanta problemställningar som motiverade en insats. En jämförelse av *myndighetstillsynen* i Finland och Sverige gjordes som en del av projektet och resultaten rapporteras här i korthet.<sup>23</sup>

När man ser på aktiviteterna och deras bidrag till säkerheten kan man göra några observationer. För det första är de inte isolerade, utan de har en rik interaktionsyta med många andra aktiviteter. För det andra är det svårt att göra en klar avgränsning av var en aktivitet slutar och en annan tar vid. Komponenter av en aktivitet går också in i en annan aktivitet så att man får ett rikt nätverk av interaktioner. Material som en aktivitet producerat kan med en viss omarbetning användas för en annan aktivitet osv. I det följande fästs en speciell uppmärksamhet på denna interaktion mellan aktiviteterna. Samtidigt kommenteras frågor som av olika orsaker är aktuella inom de olika aktiviteterna och de iakttagelser som gjorts.

### 7.1.2 Förläggningsplatserna

Förläggningsplatserna för kärnkraftverken i Finland och Sverige är alla valda så att man har en mycket liten befolkning i kraftverkens omedelbara närhet och en ganska liten befolkning i en mellanzon. Några av kraftverken har en ganska stor befolkning inom en trettio kilometers radie från kraftverket.

På kärnkraftverken har man systematiskt byggt upp och upprätthållit goda kontakter till lokalbefolkningen. Allmänheten i de till kärnkraftverken närliggande kommunerna är väl informerade och positivt inställda till kärnkraft. Då kraftverken dessutom är en lokalt stor arbetsgivare med ett lokalt engagemang har även kommunala beslutsfattare förhållit sig positivt. Man har gått in för att bilda lokala säkerhetsnämnder och de har på ett positivt sätt bidragit till att förmedla information om kärnkraftens säkerhetsarrangemang.

### 7.1.3 Hur aktiviteterna organiserats

Aktiviteterna har på kärnkraftverken organiserats på olika sätt. Ägarförhållandet har en viss betydelse, i det avseendet att de kraftverk som är skilda bolag är mera självständiga. Kraftverken förlitar sig också i olika hög grad på ett centralt planeringskontor.

Organisationen och sättet att arbeta är inskrivet i organisations- och kvalitetshandböcker. Några av kraftverken har skrivit sina kvalitetshandböcker på ett mera traditionellt sätt, medan andra på ett innovativt sätt har försökt göra dokumenten till levande instrument i ledningsarbetet. Man kan se att en avsevärd insats krävs för att ta fram bra organisations- och kvalitetshandböcker och för att göra dem till levande instrument.

Det sätt som kraftverken har organiserat aktiviteterna säkerhetsanalys och erfarenhetsåterföring skiljer sig. I en del fall gör man en stor del av arbetet själv på kraftverken, medan man i andra fall köper in en större del av arbetet antingen från sitt huvudkontor eller från konsulter. Bildandet av Erfatom har avlastat kraftverken i deras arbete att

analysera händelser från andra kraftverk så att man nu mera effektivt kan hantera de lärdomar man kan dra.

#### **7.1.4 En ökad bolagisering**

Man har under senare sett en trend mot en ökad bolagisering inom kraftbranschen. De stora företagen har i denna process brutit upp olika funktioner som har ombildats till separata bolag i en koncernstruktur. Samtidigt har man medvetet gått in för att minska den överbyggnad koncernen medför till ett minimum. Denna utveckling har som en naturlig följd fört med sig att kraftverken fått en större självständighet, men samtidigt har avståndet till företagets andra delar ökat. Utvecklingen innebär att kraftverket upphandlar tjänster inom företaget till gängse pris. De centrala tekniska konstruktionsavdelningarna har i denna process från att ha varit pådrivande för utvecklingen av kraftverken fått ta på sig en mera undanskymd roll i att som konsulter sälja sina tjänster. Samtidigt har kraftverken i en större utsträckning börjat göra upphandlingar också utanför den egna koncernen.

Man ser i denna utveckling att det blivit svårare att få ett tillräckligt intresse för långsiktiga frågor. Man ser också att det har blivit svårare att upprätthålla specialkompetens, eftersom det är svårt att få en tillräcklig volym på beställningarna, samtidigt som beställarna sällan är villig att betala för att kompetensen upprätthålls. En decentraliserad organisation för ansvar och beslut närmare varandra och det gör också att bakgrundsinformation är lättare tillgänglig. Utvecklingen är i och för sig riktig, men det finns alltid en risk för att beslut görs som inte är bra för helheten. I den nya situationen är det en tendens den att man vill ha utdelning för sina insatser ganska omedelbart, men man är inte villig att delta i finansieringen av arbete där nyttan fördelas på många parter. Man kan i detta sammanhang påstå att delegeringen av ansvar i en viss utsträckning har lett till att ett övergripande verksamhetsansvar inte mera har en lika tydlig förankring som tidigare, när koncernernas stabsfunktioner har minskats och koncernledningen inte alltid har tillräckliga verktyg för att förvalta ett sådant ansvar.

#### **7.1.5 Några organisatoriska lösningar**

Man har på flera av kraftverken i Sverige tagit i bruk ett system med interna upphandlingar. Systemet har tillämpats så att produktionen köper tjänster av de andra avdelningarna på ett sätt som närmar sig ett kund leverantörsförhållande. Ibland har man också en möjlighet att köpa utanför företaget, men den är då ofta begränsad till områden där företaget inte har egen kompetens eller resurser. Sådana system har inte använts på kärnkraftverken i Finland.

Motivet för att införa ett kund leverantörsförhållande inom ett kraftverk har varit en önskan om en tydligare fördelning av ansvar och befogenheter. Man har också velat poängtera att produktionsmässiga hänsyn skall driva bl.a. ändringsverksamheten. Där systemen införts är man i huvudsak överens om att det är en riktig väg att gå, trots att man haft en del problem med att föra in dem.

På kärnkraftverken har man olika bonussystem, enligt vilka man betalar personalen extra om man når ett gott resultat. I en del system har man försökt ta med olika kvantitativa indikatorer såsom dos och utsläpp. Där tillgängligheten ingår som en komponent kan man argumentera för att systemen gör det mera sannolikt att man prioriterar ekonomi före säkerhet, men personalen är nog medveten om den mycket starka kopplingen som finns mellan säkerhet och tillgänglighet. Tillgängligheten är dessutom endast en av många indikatorer som används och bonusets storlek brukar röra sig om högst en månadslön.

Man har medvetet på stationerna försökt ge sin personal en bred erfarenhetsbakgrund genom att låta dem rotera mellan olika befattningar. Man har också allmänt tagit i bruk ett system där man har åtminstone ett skiftlag på dagtid, som utför uppgifter såsom granskningar av instruktioner, ändringsförslag osv. Man har också utbildat flera skiftledare så att de kan ta på sig mera krävande uppgifter t.ex. inom planering eller säkerhetsanalys.

### **7.1.6 En ökad konkurrens**

Avregleringen av elförsörjningen för med sig ett ökat tryck på ekonomisk effektivitet. Man är inte heller lika villig att dela med sig av sina egna goda lösningar som tidigare. Det är självklart att den nya situationen kan påverka säkerhetsarbetet. Å andra sidan har kraftbolagens högsta chefer gemensamt deklarerat att man kommer att fortsätta att samarbeta i säkerhetsfrågor som förut. Det ekonomiska trycket blir kanske inte så stort så länge kärnkraftverken är tillräckligt konkurrenskraftiga.

Avregleringen kommer knappast att föra med sig större förändringar lägre ner i organisationerna, men den kan medföra förändringar i hur ledningen av kraftföretagen och kärnkraftverken ser på investeringar. Det är också klart att den nya situationen för med sig att statsmakten och säkerhetsmyndigheterna måste vara mycket försiktiga med åtgärder som kan tolkas som ett försök att påverka konkurrenssituationen.

Den avreglerade elmarknaden minskar viljan att investera i nya produktionsanläggningar och det kan då på sikt betyda att marginalerna mellan normal och toppbelastning minskar. Man kan också vänta sig att tom, ganska små prisskillnader kan ha en stor inverkan på energiflödet i transmissionsnätet. Detta kan igen i sin tur betyda att nätet blir mera känsligt för störningar.

## **7.2 Säkerhetsanalys**

### **7.2.1 Säkerhetsanalyserna på kärnkraftverken**

Den deterministiska säkerhetsanalysen har i en viss utsträckning stannat hos en liten grupp av experter, på så sätt att de flesta kraftverken köper in det kunnande och de analyser de behöver. PSA arbetet har däremot i varierande utsträckning flyttats ut till att skötas av kraftverken. Orsaken är naturligtvis den, att PSA arbetet kräver noggrannare beskrivningar av hur kraftverket är konstruerat och hur det drivs. Man måste därför

alltid i någon utsträckning engagera driftpersonalen, om inte annat åtminstone för att granska underlaget till analyserna.

I Finland har kärnkraftverken i en större utsträckning än i Sverige tagit till sig PSA metodiken. Det finns många orsaker till att det blivit så. I Sverige har kraftbolagens konsultföretag haft en viktig roll i att genomföra studierna. Man har också engagerat internationella konsultbyråer för att göra arbetet. Idag görs en PSA stationsspecifik och man försöker hålla analysen levande så att man regelbundet uppdaterar analysen med hänsyn både till ändringar och ny erfarenhet.

Man har i Finland och Sverige i stort sett kommit lika långt i att utveckla analyserna. Redovisade PSAn på nivå 2 finns i Sverige från Ringhals 1 och 2, Barsebäck 1 och 2 samt från Forsmark 3. Arbetat med PSA på nivå 2 fortsätter och väntas bli färdiga också för de andra svenska stationerna inom något år. I Finland väntas de vara klara och godkända i anslutning till de nya drifttillstånden. Man strävar också efter att föra in mera speciella sekvenser såsom avställning, brand, översvämning, jordbävning och extrema väderförhållanden. Den första versionen av dessa analyser är i stort sett färdig.

### 7.2.2 Hur en PSA görs

En PSA studie görs vanligen i ett team som försäkrar om en tillräcklig interaktion mellan konstruktörer samt drift- och underhållspersonal. Hanteringen av mänskligt felhandlande sker så att man identifierar ett relativt begränsat antal kritiska interaktionspunkter som analyseras i större detalj. Man försöker ge trovärdiga estimat för sannolikheten att dessa kritiska ingrepp görs fel. Bakgrund för bedömningen samlas vanligen som expertbedömningar av operatörer och säkerhetsingenjörer. Sekvenserna brukar också köras på utbildningssimulatorerna för att ge en helhetsvärdering.

PSA studierna har i Finland och Sverige utförts på något olika sätt. I Finland har en stor del av arbetet gjorts med personal från stationerna och det har möjliggjort en mera direkt återkoppling till säkerhetsförbättrande åtgärder. I Sverige har man ofta utsträckning använt företagets centraladministration eller konsulter, vilket kanske har gjort det möjligt att göra arbetet effektivt och få studierna mera jämförbara. Ju senare en studie har gjorts desto noggrannare har den varit.

Det har ett intresse att studera hur säkerhetsutvecklingen ser ut i ljuset av de resultat som PSA-studier av olika datum visar. Om man ser till tiden sedan omkring mitten av åttiotalet, sedan PSA-analysen har varit relativt väl etablerad, visar sig de beräknade härskadesannolikheterna i allmänhet motsvara målsättningen att härskadesannolikheten inte skall överstiga ca  $10^{-5}$  per reaktorår. Man har dock under mellantiden infört betydande säkerhetsförbättrande åtgärder som då tydligen inte syns i siffrorna. Detta återspeglar det faktum att analysen efter hand har identifierat säkerhetssvagheter, som har korrigerats, men samtidigt har ytterligare svagheter kommit fram genom att analysen har utvecklats och fördjupats.

Eftersom säkerheten har förbättrats efter hand utan att resultaten syns i de nyaste PSA-resultaten kan man dra slutsatsen att den tidigare har överskattats. Det går naturligtvis

inte heller i dag att utesluta möjligheten att riskerna är högre än den härdskadep-sannolikhet PSAn visar. Det är dock i detta sammanhanget skäl att framhålla att PSA inte har utvecklats för att värdera säkerheten i stort utan för att hitta svagheter. Den absoluta nivån på PSA-resultaten bör därför inte heller tillmätas en alltför stor betydelse i värderingen av säkerheten.

### **7.2.3 En levande PSA**

Man strävar nu både på kraftverken och hos myndigheterna till att få PSA metodiken bättre integrerad i den operativa verksamheten. Här följer man upp tidigare arbete som har rekommenderat att man använder sig av en levande PSA, vilket betyder att analysen uppdateras efter ändringar. Hur ofta denna uppdatering sker varierar, eftersom man ofta försöker föra in större helheter på samma gång. Man använder sig ibland av två analyser, den ena för att karakterisera en situation och den andra för att göra bedömningar av kommande ändringar.

I och med att PSA metodiken har utvecklats har man också försökt se på hur den kan föras närmare de operativa besluten. Man har i detta sammanhang undersökt möjligheter att införa riskmonitoring, på så sätt att operatörerna i kontrollrummet ges information om variationer i risknivån. Ett sådant hjälpmedel grundar sig på en PSA modell som på ett relevant sätt modellerar system och komponenter så att man kan följa med hur olika ingrepp påverkar risknivån. Branschen har visat ett intresse för sådana hjälpmedel, men det kommer ännu att ta sin tid innan utvecklingsarbetet har kommit så långt att man med tillförsikt kan använda sådana instrument som ett hjälpmedel i driften.

### **7.2.4 En omvärdering av PSAn**

En viss misstänksamhet har förekommit mot användningen av PSAn i synnerhet för att värdera möjligheterna till mänskliga fel. Denna har minskat och man arbetar med metoder för att få en bättre integration mellan olika metoder på vilka man kan bygga en kvantitativ uppskattning av hur ofta ett visst felhandlande kan tänkas förekomma i en sekvens.

Ett annat problem med PSA metodiken är att hantera programmerbara system. Det finns alltid en viss risk för att ett fel i specifikationer eller utförande samtidigt drabbar flera system och man kan därför inte på samma sätt som för äldre styrsystemen använda sig av redundans för att få en tillräckligt hög tillförlitlighet. Inom detta område försöker man se på vilket sätt man kan kombinera kvantitativa och kvalitativa metoder för att ge en bedömning av vilken tillförlitlighet man kan vänta sig att erhålla med en viss teknisk lösning.

Man kan också se en utveckling mot en betydligt större detaljrikedom av de PSA studier som görs. Den första av dessa detaljerade analyser som togs fram var PSAn för Oskarshamn 1, som bl.a. går ner på enskilda rör och kabelvägar. Orsaken till att studien genomfördes med en sådan detaljrikedom var att man ville övertyga sig om att man kunde nå en tillräcklig säkerhet fastän man inte kunde uppfylla modernare deterministiska säkerhetskrav. Studien visar också att man på ett effektivt sätt kan kombinera de resonemang man för i en deterministisk och en probabilistisk analys.

### 7.2.5 Säkerhetsanalysens kopplingar till andra aktiviteter

PSAn har en viktig funktion i att styra kraftverkens ändrings- och moderniseringsarbete. Genom en kvantitativ säkerhetsvärdering av olika alternativ kan man ställa åtgärder i en prioritetsordning. De kvantitativa säkerhetsmålen får också genom PSA analyserna en styrande inverkan på konstruktionsändringar som man genomför över en längre tid.

PSA metodiken används i viss utsträckning för att planera underhållsarbetet, bl.a. så att man jämför olika test- och underhållsstrategier med varandra. PSAn kan också användas när man planerar revisionerna så man undviker att kollisioner mellan arbeten som för med sig onödiga riskbidrag. Analyserna kan användas för att se hur granskningsarbetet skall allokteras, så att man för kritiska system kan se till att man gör granskningen tillräckligt ingående. En PSA sekvens kan användas i utbildningen för att illustrera på vilket sätt enkla komponentfel tillsammans kan bidra till hot mot säkerheten. Man kan också värdera informationsbehovet för kontrollrumsarbetet genom att försöka se vilka kritiska beslutspunkter en sekvens innehåller.

På kraftverken i Finland och Sverige har man som praxis att köra alla betydande sekvenser på simulator. Detta ger värdefulla möjligheter att både utvärdera förändringar av anläggningen och dess drift och att på ett effektivt sätt följa upp dem i utbildningen. I Finland är kravet att PSA studien skall användas för olika ändamål inskrivet i YVL 2.8.

### 7.2.6 En fortsatt utveckling av säkerhetsanalysen

Kvaliteten av en säkerhetsanalys bestäms av följande överväganden:

- analysen är fullständig i den meningen att alla viktiga händelsesekvenser har identifierats och tagits med,
- modellerna som använts avbildar kraftverket och dess drift på ett riktigt sätt,
- de data man använt avspeglar faktiska förhållanden,
- säkerhetsanalysen uppdateras kontinuerligt både med avseende på modeller och data allt efter ny erfarenhet erhålls,
- säkerhetsanalysen används inom olika aktiviteter för att svara på frågor som berör säkerheten.

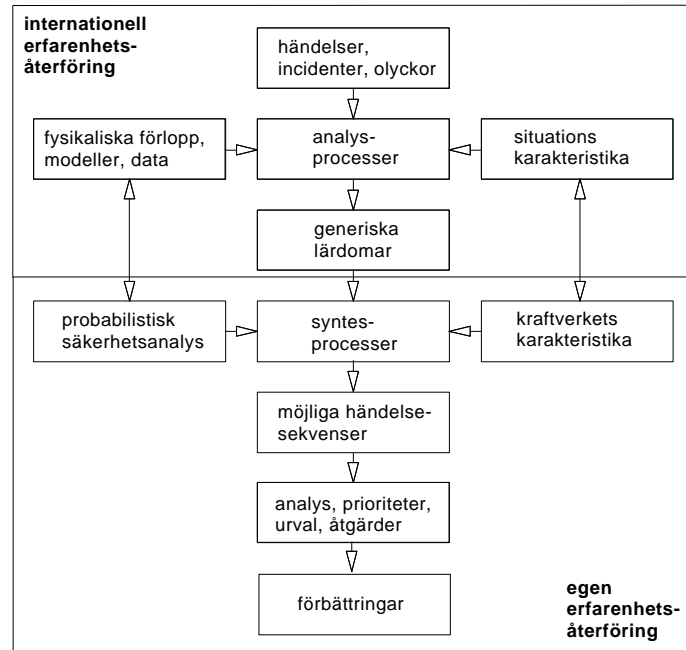
Man kan tydligt se att en utveckling av metodiken har skett på alla dessa områden. Utvecklingen har styrts av en strävan att utveckla metodiken i sig själv och av de behov som man har sett i ljuset av en ökande drifterfarenhet. Man kan vänta sig en fortsatt utveckling och att metodiken görs mera lättillgänglig. Man ser också att PSAn kommer att få en större betydelse i styrningen av säkerhetsarbetet. Insatser kan också väntas för att förfina utgångsantaganden sig och för att använda sig av realistiska data för sannolikhetsbedömningar. Arbetet med rörbrottssannolikheter skall här kunna ge bättre uppskattningar av risken som är kopplad till olika LOCA sekvenser. Insamling och behandling av data från underhållsarbetet kan å sin sida bidra till goda uppskattningar av sannolikheten för olika felmekanismer.



SKI har en vision av att PSA tekniken skall kunna hjälpa till med att styra granskningsarbetet så att man riktar detta mot det som är säkerhetsmässigt mest relevant. STUK försöker finlipa PSA verktyget så att man lättare kan behandla anläggningsändringar och så småningom få metodiken i en mera operativ användning. Man kan också gå över i en mera dynamisk tolkning av de säkerhetstekniska föreskrifterna (STF) i och med att metodiken utvecklas.

Trots att PSA standardiserat är det dock jämföra olika varandra. Ännu om man jämföra vitt aktiviteter med Orsaken är att allt innehåller antaganden, etoder och så att en direkt slutresultaten Instrumentet möjligt att se riskbild man

Metodiken är tills vidare alltför komplicerad för att i en dialog mellan experter och allmänhet försöka övertyga att kärnkraftverken är tillräckligt säkra.



har blivit ett instrument i säkerhetsarbete svårt att stationer med svårare blir det försöker skilda varandra. en PSA trots olikheter i modelleringsm bakgrundsdata, jämförelse av inte är möjlig. gör det dock hur balanserad erhåller.

## 7.3 Erfarenhetsåterföring

### 7.3.1 En målsättning

En mer eller mindre uttalade målsättning i säkerhetsarbetet är att ingen incident skall behöva uppträda två gånger. Det betyder att all viktig erfarenhet skall bli omhändertagen, analyserad och behandlad. Erfarenhetsåterföringen skall snabbt kunna leda till ändringar i konstruktion och drifrutiner när sådana är påkallade. I praktiken betyder detta att erfarenhetsåterföringen till en stor utsträckning skall integreras i planerings- och analysverksamheten (Figur 22.).

**Figur 22** Händelser analyseras både internationellt och i den egna erfarenhetsåterföringen. I processen bör man försöka ta tag i de generiska lärdomarna, så att sedan i en syntesprocess kan föreslå möjliga sekvenser man måste ta hänsyn till på ett annat kärnkraftverk.

Problemet med erfarenhetsåterföringen är att kunna sälla ut det som är relevant för säkerheten. Man får in ett stort antal obetydliga händelser, från vilka man måste hitta signalen i bruset. Redan det att man bildar sig en fullständig bild av alla samverkande orsaker till en viss händelse kan vara ett stort arbete. Därefter måste man göra en analys av möjliga motåtgärder och planera hur de skall föras in. För att underlätta sorteringen i olika skeden av process brukar man använda olika kriterier för att klassificera händelserna. Svårigheten är dock att hitta ett klassificeringssystem som ger en tillräckligt insiktsfull behandling av händelsen.

I och med att man i erfarenhetsåterföringen har ett mycket stort utgångsmaterial att arbeta med är det mycket viktigt att man är effektiv i sin sortering av informationen. Antingen viktiga eller obetydliga händelser erbjuder knappast något problem, men mellan dem blir det en gråzon av händelser. Intervjuerna gav ett intryck av att man analyserar samma händelser i många olika organ. Resursbrist gör dessutom att den egna analysen ibland blir ytlig. En lösning kunde vara att med en koordinerad insats göra färre men fördjupade analyser.

### **7.3.2 Kraftverkens erfarenhetsåterföring**

Man kan skilja på den myndighetsstyrda rapportering av händelser och annan erfarenhetsåterföring. Rapporteringen av händelse med en omedelbar betydelse för reaktorsäkerheten är noggrant uppstyrd med egna rutiner. Mindre händelser och händelser som inte direkt äventyrar reaktorsäkerheten rapporteras inte lika systematiskt. Några av kraftverken har byggt upp rutiner som tar hand om händelser som faller under den formella rapporteringströskeln. Annan erfarenhetsåterföring sker mera ad hoc.

Kraftverken har tekniska och administrativa system som ser till att en detaljerad datainsamling görs när en händelse inträffar. Praxis är att man på kraftverken engagerar en

utredningsgrupp som gör en datainsamling och en analys av händelsen. I gruppen försöker man få en riktig balans mellan olika fackområden. I gruppen kombineras personer som varit involverade i händelsen med personer som har mera distans till den.

Händelserapporterna från det egna kraftverket presenteras vanligen för kraftverkets säkerhetskommitté som då också kan begära ytterligare utredningar. Rapporten kommer vanligen med ett antal rekommendationer för åtgärder som sedan följs upp separat. För att följa händelser som inträffar på andra kraftverk har man på kraftverken speciella erfarenhetsuppföljningsgrupper.

På kraftverken upplever man ibland att rapporteringen växer till ett självändamål och för med sig en stor arbetsbörda. Det är inte heller alltid självklart att rapporterna blir lästa. Intrycket är att man nu satsar mycket på att skriva och analysera rapporterna, men kanske mindre på att följa upp de åtgärder som föreslås.

### **7.3.3 Olika aktörer**

Analys av händelser görs av olika organisationer i flera sammanhang. Myndigheterna gör en oberoende analys av viktigare händelser som rapporteras och denna styr sedan den fortsatta myndighetshandlingen. En beskrivning av händelsen med tillhörande analys går till olika nationella och internationella samarbetsorgan.

För de svenska och finländska reaktorerna som konstruerats av ABB Atom har man sedan några år tillbaka ett samarbetsorgan Erfatom som analyserar händelser och drift-erfarenhet. Erfatom utarbetar rekommendationer som sedan skickas till alla samarbetsparter klassificerade i tre klasser, för åtgärder, för information och utan betydelse. KSU i Sverige gör en samlande analys av händelser på kärnkraftverk ute i världen och publicerar dem i en månatlig rapport. WANO har också ett eget informationssystem med vilket man mycket snabbt förmedlar information om händelser. Myndigheterna stöder också erfarenhetsåterföringen med sina egna analys- och arkiveringsinsatser. IAEA och OECD/NEA opererar tillsammans ett system IRS (Incident Reporting System) som samlar händelser från hela världen. Man har utvecklat systemet som en databas med sökord och ett användargränssnitt för att göra det lätt att hitta händelser för en djupare analys.

### **7.3.4 Att omsätta erfarenheter i praktiken**

Erfarenhet måste för att bli verksam alltid omsättas i praktiken. Erfarenhetsåterförings-systemet skall således generera förslag till förbättringar. Förslagen måste prioriteras och förbättringarna väljas på basen av behov och inverkan på säkerheten. Förbättringarna kan gå in som ändringar i konstruktion, instruktioner, kontrollrumslösningar eller i administrativa rutiner. Innan ändringsförslag kan behandlas måste de analyseras. Det kan ibland vara skäl att gå tillbaka till de ursprungliga säkerhetsanalyserna. Ibland måste konkurrerande förslag jämföras. Förslag måste prioriteras, eftersom man sällan har resurser att genomföra alla ändringar som föreslås.

Intervjuerna pekar på att man ibland har svårt omsätta erfarenheterna i praktiken. Det är t.ex. inte alltid lätt att kanalisera vad man hittat till de instanser som har ansvar och befogenheter för att åtgärda problemen. Ibland är det också svårt att med en tillräcklig vikt argumentera för att en ändring faktiskt borde genomföras.

### **7.3.5 En effektiv erfarenhetsåterföring**

Erfarenhetsåterföringen är en av de aktiviteter som har de flesta kopplingarna till andra aktiviteter. Varje aktivitet i sig själv måste bygga upp en effektiv erfarenhetsåterföring. Erfarenhetsåterföringen bör kopplas till arbetet med säkerhetsanalyserna. För varje händelse bör man fråga sig hur den är intäckt i de existerande analyserna. Erfarenheten bör då tolkas då i relation till modeller och data som har använts, för att se om skillnader föreligger.

Erfarenhetsåterföringen verkar fungera bra, trots att det alltid finns plats för ytterligare förbättringar. En utmaning för framtiden är att rikta arbetet så att det blir ännu mera effektivt. Man borde också kunna ta hand om mera obetydliga händelser och med olika typ av trendanalys reagera när försämringar inträffar. För det praktiska arbetet kan en stor hjälp erhållas av databaser i vilka man samlar information om händelser, fel-funktioner och underhåll. En god struktur för sådana system gör det möjligt att söka anomalier i den information som man får in. En hel del arbete kvarstår dock innan man kan göra sådana databaser tillgänglig i den utsträckning, som skulle behövas för att de skall bli operativa instrument.

Ett visst dubbelarbete görs av kraftbolagen och myndigheterna, men det kan knappast undvikas eftersom myndighetsarbetet måste vara oberoende. Existerande system för erfarenhetsuppföljning är inte heller automatiskt är tillgängliga för den andra parten, men det kan bli politiskt svårt att göra informationen tillgänglig på en bredare bas. I en viss mån kan kanske en medvetenhet om rollerna hjälpa att få fram rutiner för en god arbetsfördelning.

Erfarenhetsåterföringen idag är till stor utsträckning koncentrerad på händelser. Här kunde man kanske genom en innovativ analys gå igenom vilken annan typ av erfarenhet man kunde använda sig av. Ett utbyte av god praxis har initierats av bl.a. WANO genom att man stöder vistelser på andra kärnkraftverk. Organisationsmönstringarna som görs av IAEA och WANO har också en funktion i att stöda utbyte av god praxis.

## **7.4 Granskningsverksamheten**

### **7.4.1 Några av granskningsverksamhetens problem**

Granskningsverksamheten är en av hörnstenarna i säkerhetsarbetet.<sup>24</sup> Om inte granskningen är effektiv kan t.ex. oöverlagda konstruktionsändringar medföra att säkerheten blir sämre. Granskningen är också ett instrument för att ge en omedelbar återkoppling på problem som kan ha smugit in sig i olika aktiviteter. Granskningsverksamheten är behäftad med en del problem, som man måste vara medveten om, för

att granskningen skall vara effektiv. I granskningen bygger man in antagandet att det aldrig är samma person som utför arbetet som den som granskar det.

Trots att man formellt kräver att olika personer utför ett arbete och granskar resultatet, kan man dock genom kopplingar få en situation där granskaren antar att arbetet är väl utfört och därför inte gör granskningen tillräckligt noggrant. Granskning verkar inte vara lika attraktivt som konstruktionsarbete och det kan betyda att granskningar inte görs med en tillräckligt omsorg av en person som delar sin tid mellan dessa båda aktiviteter. Granskningen uppfattas ibland som en misstro mot kvaliteten på arbetet som utförs. Granskningen kan föra med sig att arbetet inte görs med tillräcklig omsorg eftersom det ändå kommer att granskas. Det kan vara svårt att hitta personer med en tillräcklig kompetens för att genomföra en granskning. Hur man hanterar dessa problem är mycket beroende på kommunikation mellan granskarna och de granskade. Om man kan göra det tillräckligt tydligt vad avsikten med granskningen är, kan man undvika en del av problemen.

#### **7.4.2 Hur kraftverken sköter granskningsverksamheten**

Kraftbolagens interna granskning är en process, som är tätt knuten till kvalitetsverksamheten. Man gör den första granskningen i linjen, så att man får en omedelbar återkoppling innan den mera formella granskningsprocessen tar vid. En formell fristående granskning börjar när ett arbete överlämnas. Man använder sig av en praxis som är definierad i organisations- och kvalitetshandböcker. Man har under åren gått över från en kvalitetsverksamhet som tidigare var ganska tung och placerad i en stabsfunktion till att poängtera att kvalitetsansvaret ligger i linjen. Den kvalitetsfunktion som finns kvar i en stabsfunktion har samtidigt fått en mera konsulterande roll mot linjeorganisationen.

På kraftverken har man en lokal säkerhetskommitté som har en central roll i granskningsverksamheten. Tidigare hade denna säkerhetskommitté också direkta uppgifter i samband med att hantera ärenden, men dessa har nu ofta flyttats till linjen. Säkerhetskommittén deltar således inte direkt i granskningsprocessen, men den övervakar att processen fungerar. Säkerhetskommittén har ibland en definierad roll t.ex. i att rekommendera anläggningsändringar. Säkerhetskommittéerna ges ibland uppgiften att förbereda ärenden mot myndigheten.

#### **7.4.3 Myndighetsgranskningen**

Myndighetsgranskningen görs i många sinsemellan oberoende faser. Man gör vanligen ett granskningsprogram årsvis där man identifierar system, funktioner eller aktiviteter som underkastas en närmare granskning. Händelser och ändringsverksamhet föranleder sina egna granskningar. SKI och STUK har på senaste tid gjort många temagranskningar där en viss aktivitet hos kraftbolagen väljs för ett närmare studium.

Utöver de mera regelbundet återkommande granskningarna görs även övergripande granskningar som då går in på flera olika system, funktioner och aktiviteter. I Finland

görs en sådan granskning vanligtvis i samband med att drifttillståndet för ett block förnyas. I Sverige har man som praxis att med ungefär tio års intervall genomföra en sk. ASAR studie (as operated safety analysis report).

De övergripande granskningarna innebär en avsevärd insats både från kraftbolagens och myndighetens sida. Arbetet brukar vanligen genomföras som ett projekt där man samlar in ett brett kunnande och gör en bred analys av all den erfarenhet som inkommit under den tidigare driftperioden. Man brukar också försöka göra en bedömning av var man står och ge riktlinjer för framtida arbete.

#### **7.4.4 Vad man kan kräva av granskningsverksamheten**

Avsikten med granskningen är att förvissa sig om att allting faktiskt är som det borde vara och att möjliga brister i konstruktion eller driftrutiner hittas. Det material som olika aktiviteter genererar granskas i flera omgångar i mer eller mindre formaliserade processer. Granskningen kan rikta sig mot det material som processerna genererar eller mot processerna själva. Effektiviteten av granskningsverksamheten kan då bedömas av hur sannolikt det är att en viss given brist hittas i en granskning. Denna beror på den granskningsinsats som har satts in tidigare och på hur lätt bristen är att hitta.

En granskning måste involvera ett personligt ansvar hos granskaren. Utgående från granskningen måste han eller hon bli personligt övertygad att alla bidragande faktorer beaktats och att analyserna är korrekta. En granskning skall inte vara för godtrogen, men den bör inte heller vara misstänksam och påträngande. En granskning utgör trots allt en interaktion mellan granskaren och den granskade, som bör ske i en atmosfär av förtroende och öppenhet. Förtroendet skall dock aldrig vara anledning för att inte kräva att antagen och påståenden verifieras.

I en effektiv säkerhetsorienterad organisation sker det första skedet av granskningen i samband med att arbetet görs. En granskning av arbete och granskningsprocesserna förekommer på alla nivåer. Man kan tala om en förändring mot en självgranskning. I en organisation som har tagit i bruk en sådan självgranskning och integrerat den i vanliga planeringsprocesser kan kanske klara sig med en mindre omfattande oberoende granskning. I en sådan utveckling kunde kanske myndighetsgranskningens volym absolut sett minska.

SKI har som ett svar på problem med resurser tänkt sig att mera granska kraftverkens gransknings- och kvalitetsprocesser än att detaljgranska tekniska lösningar. Med detta SKI vill trycka på kraftföretagen så att de organiserar sin egen fristående säkerhetsgranskning på ett förtroendeväckande sätt. Denna verksamhetsgranskning innebär dock inte att man ämnar göra ett avsteg från den mera tekniskt orienterade granskningen.

## **7.5 Ändringar, reovering och moderniseringar**

### **7.5.1 Ändringsverksamheten**

Ändringsverksamheten får en stor del av sitt ingångsmaterial från erfarenhetsåterföringen. PSA studierna genererade också till en början många förslag till ändringar som nu till en stor del har genomförts. Nu har ändringsverksamheten i en stor utsträckning integrerats i de mera övergripande planerna för driften av anläggningarna under deras fortsatta livstid.<sup>25</sup>

Ändringsverksamheten griper in i många andra aktiviteter på ett kraftverk. Ändringarna på kraftverken genomförs som projekt, i vilka man mer eller mindre tydligt kan särskilja följande huvudskeden:

- identifiering av ändringsbehov (förslagsverksamhet, händelserapportering, osv),
- preliminär planering av ändringen (möjliga lösningar, analys av lösningar),
- beslut om ändringen (principlösning, tidtabell, allokering av resurser),
- genomförande av ändringen (detaljplanering, beställningar, installation, dokumentation, utbildning),
- eftervärdering av ändringen (projektets genomförande, erfarenheter).

I Finland är förfarandet vid ändringar definierat i YVL 1.8. I Sverige gäller att föreslagna ändringar som har betydelse för säkerheten skall rapporteras till SKI som sedan avgör om SKIs godkännande behövs. Både SKI och STUK har satt som sin ambition att alltid bevaka möjligheterna till säkerhetsförbättringar, som skulle kunna genomföras i anslutning till föreslagna anläggningsändringar.

Ett problem med ändringar är att man alltid måste beakta den säkerhetsrisk varje ändring för med sig. Man får en övergångsperiod där det är lätt att falla tillbaka till de rutiner man hade före ändringen med icke önskade följder. Det kan också hända att man glömmer att uppdatera ändringen antingen i dokument eller i instruktioner. En ändring kan också förorsaka oväntade kopplingar till andra system om inte analysen av ändringen har genomförts tillräckligt djupt. När en ändring införs måste man först försäkra sig om att inga nya brister genereras.

### **7.5.2 Hanteringen av ändringar**

Kraftbolagen har sina egna rutiner för att hantera ändringar. Dessa startas vanligtvis genom att någon skriver ett ändringsförslag. Ändringsförslaget tas sedan till behandling och värderas. Redan här kan det visa sig att ändringen är obefogad och processen stoppas. Ofta har man redan före ändringsförslaget skrevs diskuterat det informellt, så att man på förhand är överens om att något borde göras. Efter att man beslutat att göra ändringen startas ett projekt som får i uppgift att komma fram med en konstruktion som uppfyller de krav på förbättringar som initierades av ändringsförslaget.

När en föreslagen ändring är planerad går konstruktionen på remiss och man tar ställning till den. Ifall ändringen har en säkerhetsmässig betydelse, skickas förslaget för godkännande till myndigheten. När ändringen har blivit godkänd, planeras den in för att bli genomförd t.ex. under en bestämd revision. När ändringen genomförs kommer olika arbetsskedena in i arbetsordersystemet enligt den plan som utarbetats.

Ett problemet i ändringsverksamheten är att bedöma hur viktig en föreslagen ändring är. Man har sällan möjlighet att genomföra alla ändringar som någon ansett motiverade. Vissa ändringsförslag kan dessutom vid en närmare analys visa sig vara säkerhetsförsämrande. Man bygger upp en lista med ändringsförslag som analyseras och så småningom förverkligas om analyserna visar att de bör genomföras. Här försöker man se till att man inom en rimlig tid kan bestämma sig för att antingen genomföra en ändring eller avföra förslaget från listan. Då när man beslutar att genomföra ett ändringsförslag flyttas det till en annan lista från vilket det förs in i de årliga planerna

Kärnkraftverken upprätthåller listor på utestående ändringar som dels är ett hjälpmedel för att fördela resurser och dels hjälper med att se till att ändringarna faktiskt blir genomförda. Man följer vanligen också upp antalet utestående ändringarna som ett mått på hur effektiv ändringsverksamheten är.

### 7.5.3 Genomförda moderniseringar

Mycket betydande renoveringar och moderniseringar av reaktorerna har hittills genomförts, t.ex.

- effekthöjningar på 10 av de 12 reaktorerna i Sverige (totalt 595 MW<sub>e</sub> netto),
- effekthöjning på TVO från 670 MW<sub>e</sub> till 710 MW<sub>e</sub>,
- en modernisering av den äldsta reaktorn, O1, 1979-80 (förbättrad redundans i elförsörjningen, förbättrad separation, införande av reservkontrollrum, förbättrade system för fysiskt skydd). Ett nytt, större moderniseringsprogram av O1 inleddes i samband med den omfattande renoveringen av reaktorn 1992-1995,
- utbyten av ånggeneratorerna i Ringhals 2 (1989) och i Ringhals 3 (1995),
- ett omfattande utbyte av skydds- och reglersystemen i Ringhals 3, som färdigställdes 1995,
- införandet av de utsläpps begränsande systemen, i Barsebäck 1985 och i övriga tio reaktorer i Sverige 1989 samt på TVO 1988.

Erfarenheterna från renoveringen av Oskarshamn 1 pekar på att det är möjligt att genomföra omfattande renoveringar och moderniseringar i anläggningarna med en måttlig dosbelastning av personalen. Dekontamineringar av primärsystemen visade sig vara möjlig med en måttlig insats, vilket även är en erfarenhet från Lovisa.

I Sverige har man efter femreaktorstoppet och moderniseringsarbetet för O1 sett att det kan finnas brister i kraftverkens FSAR. En orsak till sådana brister kan ligga i att man i analysarbetet inte tillräckligt heltäckande har definierat de händelseförlopp man kan ställas inför. Man har inte heller dokumenterat de äldre anläggningarna med samma noggrannhet som de nyare. Ibland har en ändring inte dokumenterats tillräckligt i detalj. Man har också hittat exempel på att installation och montage inte gjorts enligt ritningar. Dessa problem har gjort att man i Sverige har bestämt sig för att genomföra en rekonstruktion av materialet i FSAR. Denna aktivitet är viktig även av den orsaken att man står inför en generationsväxling i branschen och man i projekten systematiskt engagerat många unga personer.



### 7.5.4 Planerade moderniseringar

Man har på alla kraftbolag i både Finland och Sverige långt gående planer på att modernisera kraftverken. Moderniseringarna görs för att bemästra olika åldringsfenomen och för att i rimlig utsträckning anpassa anläggningarna till mera moderna säkerhetskrav. Moderniseringarna finansieras delvis genom att de investeringar man gör också höjer tillgänglighet, kraftverkets livslängd och energiuttag. Man kan visserligen fråga sig om man i en strävan mot högre effektivitet äter upp de marginaler man skapat genom säkerhetsförbättringarna. Med en konservativ planering kan man dock utnyttja en minskning i osäkerheten jämfört med tidigare säkerhetsanalyser, för att se till att man i moderniseringarna får en förbättrad säkerhet totalt. Satsningarna ger dock ett tryck på personalen hos kraftbolag, leverantörer och myndighet.

Vid moderniseringar som strävar till att göra kraftverket mera anpassade till moderna krav är det ibland svårt att hitta bra lösningar. Byggnaderna är alltid mycket svåra att ändra på och man kan inte ändra principlösningarna i konstruktionen. Mycket kan dock förbättras och man har bl.a. långt gående planer på att byta styrsystem och kontrollutrustning på kraftverken och man kommer också att byta utrustning i kontrollrummen. Ny teknik och nya material kan också bidra till förbättringar. En bedömning av lösningarna kan göras med PSA metodik i de fall då det är svårt eller opraktiskt att försöka uppfylla nyare deterministiska säkerhetskrav.

### 7.5.5 En utveckling av kravbilden

Erfarenhetsåterföringen leder ibland till att man ser behov för att utveckla de krav på säkerhet man ställer. Så ledde t.ex. branden på Browns Ferry till att man införde betydligt stringentare krav på separering. TMI och Tjernobyli har också lett till många förändringar i hur man ser på säkerhetskraven.

I och med att kravbilden har utvecklats får man ta ställning till hur äldre reaktorer skall hanteras. Internationella riktlinjer har kommit fram för att värdera säkerheten hos reaktorer som byggts enligt äldre säkerhetsstandard. Avsikten är att komma fram till vilka krav på anpassning till nyare normer och säkerhetsprinciper som kan behövas. Sålunda rekommenderas i IAEA att följande analyser görs av äldre reaktorer<sup>26</sup>

- kontroll av att för anläggningen gällande tillståndsvillkor är uppfyllda, inbegripet villkor som har tillkommit efter det ursprungliga tillståndet,
- identifiering och värdering av avvikelser i förhållande till moderna normer och säkerhetskrav med deterministiska metoder, dvs beräkningar och bedömningar med tillgänglig modern metodik,
- säkerhetsanalys, med PSA-teknik, för att värdera säkerheten och behovet av åtgärder med hänsyn till de identifierade avvikelserna i förhållande till internationellt accepterade åtgärdsnivåer vad gäller risker för härdskada och utsläpp.

När nya myndighetskrav införs får myndigheten och kraftbolagen gemensamt komma överens om en övergångsperiod som är realistisk med tanke på de ändringar som kraftbolaget ställs inför. Ett stort internationellt samarbete mellan fler europeiska kraftbolag pågår som syftar till att komma överens om en kravspecifikation som kan tillämpas på nya kraftverk. Trots att arbetet uttryckligen siktar på nya kraftverk har det stor relevans också för nuvarande enheter, eftersom arbetet med stor sannolikhet kommer att bli styrande för kommande normgivning.

### **7.5.6 Ändringsarbetet i framtiden**

När man ser på situationen idag kan man säga att branschen tydligen har haft en föreställning om en förvaltningsperiod med ett lägre behov för konstruktionsarbete och analyser. Denna inställning är mera tydlig i Sverige än i Finland där man haft en förhoppning att kunna bygga nya anläggningar. Denna inställning har nu sopas undan av moderniseringsprojekten.

Ändringar och moderniseringar har på kraftbolagen integrerats i ett mera strategiskt perspektiv, där man bl.a. undersöker möjligheter att förlänga livslängden för anläggningarna. Ändringsarbetet i framtiden kommer antagligen att styras av nya myndighetskrav och det faktum att komponenter och system måste bytas ut för att reservdelar blir oproportionerligt dyra. Erfarenheten från förberedelserna för ett femte block i Finland visar på nyttan av den helhetsansträngning man gjorde för att sammanfatta den samlade erfarenheten från Lovisa och TVO både i kraftföretagens kravspecifikationer och de nya myndighetskrav som infördes i Finland.

Erfarenheterna i Sverige exempelvis från renoveringen av Oskarshamn 1, med de säkerhetsbrister som då upptäcktes, gav anledning för myndigheterna i Sverige att ifrågasätta om ambitionerna har varit tillräckliga när det gäller moderniseringen av särskilt de äldre reaktorerna. De pågående genomgången av konstruktionsföretsättningarna för de svenska reaktorerna och de återkommande säkerhetsgranskningarna (ASAR) spelar en stor roll för dialogen mellan SKI och kraftbolagen i frågorna som rör behoven av förnyelse.

## **7.6 Myndighetstillsynen**

### **7.6.1 Kontakterna mellan kraftbolag och myndighet**

Kontakterna mellan kraftbolag och myndighet är en viktig komponent av säkerhetsarbetet. Om kontakterna präglas av misstro och försök att för den andra parten dölja verklig uppsåt uppstår lätt en ohållbar situation.<sup>27</sup> Intervjuerna har dock klart visat att man har en ömsesidig respekt och ett mycket öppet förhållande. Man respekterar också att man ibland har en olika syn på centrala frågor inom säkerhetsarbetet. Myndigheterna i både Finland och Sverige har också visat en berömvärd förståelse för kraftbolagens situation, genom att snabbt behandla kraftföretagens framställningar.

Inom kraftbolagen finns en uttryckt strävan att ligga före myndigheten i frågor som berör säkerheten. Man poängterar ofta att man själv värderar vad som är bäst och sedan presenterar detta alternativ för myndigheten. Detta hindrar dock inte att det någon gång kan förekomma tillfällen när myndighetens syn används som tillhygge i en diskussion på kraftbolagen om vad som är viktigt. På samma sätt kan det nog hända att myndigheten någon gång kommer onödigt nära kraftbolagens egna planeringsprocesser.

### 7.6.2 Myndighetsarbetets dilemma

Myndighetsarbetets dilemma ligger i att myndigheten skall definiera sin roll samtidigt somman bygger upp förtroende och integritet. Man skall inte vara för misstänksam, men man skall inte heller vara för godtrogen. Myndigheten måste kunna kommunicera på ett effektivt sätt, utan att komma för nära kraftverkens beslutsprocesser. Myndigheten måste kunna upprätthålla sin kompetens, vilket kan bli svårt om inte personalen har en möjlighet att lära sig genom att delta i konkreta projekt. En djup kompetens kan också öka faran att myndigheten deltar i konstruktionsprocesserna på ett sätt som inte är önskvärt.

De krav som myndigheten ställer kan skrivas på en ganska övergripande nivå och de kan också vara mycket detaljerade. I det amerikanska regelverket finns det flera exempel på krav som har levat ut sin roll genom att den tekniska utvecklingen gått framåt, men det verkar trots allt vara svårt att genomföra också väl motiverade ändringar i regelverket. Man måste alltid komma ihåg att ett regelverk har en kraftigt styrande inverkan på säkerhetsarbetet och den styrningen bör vara sådan att säkerheten blir bättre.

I praktiken fungerar myndighetstillsynen som samhällets säkerhetsbarriär. Det är säkert så att redan medvetenheten om denna barriär påverkar säkerhetsarbetet. Om man är extra noggrann så att inte myndigheten skall hitta något att anmärka på, så är det säkert bra, men arbetet får inte göras så att man räknar med att denna barriär finns. En god säkerhetskultur kännetecknas av att man fungerar så att denna barriär inte behövs.

### 7.6.3 Vad kännetecknar en bra myndighet

Myndigheten har en utsatt position. Man måste kunna vinna både allmänhetens och kraftföretagens förtroende. Man kan då fråga sig vilka komponenter i arbetet som blir speciellt viktiga. En komponent är att myndigheten kan skapa en klar och tydlig roll, som också demonstreras i tillvägagångssätt. Myndighetsarbetet måste ha oberoende och integritet. Myndighetsarbetet måste vara effektivt så att målsättning och resurser står i ett realistiskt förhållande. Besluten myndigheten gör måste vara transparenta och spårbara. Myndigheten skall också ha både formella och informella kommunikationskanaler till kraftbolagen.

Till en myndighets befogenheter hör att kunna ställa av ett kärnkraftaggregat. Denna befogenhet får inte bli ett instrument som används utan urskiljning, samtidigt som det inte heller skall vara något som aldrig används. En myndighet måste ha en hög kompetens, men den bör vara bredare än vad som vanligen krävs av specialister på ett

enskilt fackområde. Samtidigt kan man inte förvänta sig att myndighetens specialister skall ha samma djup i sin kompetens som kraftbolag och leverantörer.

Ett väldefinierat kravsystem gör det lättare att granska hur kraftverken uppfyller säkerhetsbestämmelser. Kraven bör vara definierade på en lämplig nivå så att de inte begränsar, men samtidigt är styrande och lätta att granska emot. I myndighetens målsättning ingår ofta en ambition att kräva en förbindelse för en kontinuerlig förbättring av säkerheten av kraftbolagen. Myndighetsarbetet bör vara etablerat i ett kvalitetssystem, som är väldefinierat och dokumenterat. Myndigheten bör ha välfungerande internationella kontakter och ha ett tillräckligt självförtroende.

I Finland har kravbilderna sedan länge varit dokumenterade i YVL guiderna. I Sverige har man på senare tid sett nyttan av ett mera väldefinierat system av säkerhetskrav. SKI utarbetar som bäst strukturen för ett nytt system och de mera övergripande kraven. Både SKI och STUK ser PSA metodiken som en möjlighet att allokera resurserna på ett effektivt sätt i en riskinformerad tillsyn.

## **7.7 Hur säkerhetsarbetet kan utvecklas**

### **7.7.1 Interaktionen mellan olika aktiviteter**

Säkerhetsarbetets aktiviteter är som redan har konstaterats ofta intimt kopplade med varandra. Dessa kopplingar gör det möjligt att hushålla med tillgängliga resurser och att reagera när något verkar underligt. Om ett material tas fram för ett visst ändamål, kan det förutsatt att en nödvändig koordinering har förekommit ofta med en ganska liten modifieringsinsats användas även för andra ändamål. Man har beaktat denna möjlighet i de aktiviteter som har studerats, men ytterligare förbättringar kan säkert fås till stånd.

Det är ibland svårt att använda en insats som från i en aktivitet också i en annan aktivitet för att en helhetssyn på säkerhetsarbetet saknas. Här kunde det vara på sin plats att med utgångspunkt från det arbete som gjorts i föreliggande projekt, göra en större insats som syftar till att mera detaljerat kartlägga hur olika aktiviteter i säkerhetsarbetet beror av varandra. I en sådan insats kunde det även vara på sin plats att se i vilken utsträckning modern informationsteknik kan användas för att bygga en dokumentation som utan begränsningar kan användas av säkerhetsarbetets alla aktiviteter.

### **7.7.2 Konstruktionens roll**

Kärnkraftverkets konstruktion spelar en viktig roll i säkerheten. De anläggningar som byggts i Finland och Sverige har visat sig vara mycket lyckade. Nu får man visserligen se upp med olika åldringsfenomen. Man får aktivt försöka hålla anläggningar i ett gott skick. Man kan fortsättningsvis vänta sig att en del ändringsarbete kommer att göras för att förbättra anläggningarnas tålighet för svåra haverier. Moderniseringarna kommer att ha en viktig funktion i att förlänga anläggningarnas ekonomiska driftperiod.

Det är viktigt att följa med hur nya konstruktionslösningar utvecklar sig, fastän man inte bygger nya anläggningar. Genom att ta ställning till nya konstruktionslösningar kan man få idéer hur de gamla konstruktionerna kan förbättras. För nya kraftverk borde man kanske i första hand sträva efter att förenkla de nuvarande konstruktionerna. Den samlade drifterfarenheten ger också ett gott underlag för att optimera de nuvarande konstruktionerna. Ett nytt kraftverksprojekt skulle säkert ge ett stort bidrag till en bättre säkerhet även för de kärnkraftverk som är i drift.

### 7.7.3 En framförhållning

På frågor om vad som är viktigt för säkerheten svarade man ofta en tillräcklig framförhållning. I detta begrepp inbegrips all den verksamhet som syftar till att lösa problem i ett tidigt skede. Kopplade till framförhållningen nämndes också att man måste ha en ödmjuk inställning, en kritiskt ifrågasättande attityd och man bör undvika självgodhet. En framförhållning är svår att upprätthålla om man har för litet resurser, för då råkar man lätt i en situation när man inte hinner mera än reagera på yttre händelser. I en situation av lugn drift har en liten organisation många fördelar, men resurserna kan visa sig var för små om något oförutsett inträffar..

Till framförhållningen kan man också räkna synpunkten att man behöver förstärka den långsiktiga karaktären i arbetet. Flera av kraftbolagen har utarbetat en utvecklingsvision som går långt in i framtiden. På kort sikt behöver man en viss buffert för att kunna bearbeta frågor tillräckligt snabbt och det gäller inte bara kraftbolagen utan branschen i sin helhet. I ett ansträngt resursläge är det svårt att knyta upp folk. När moderniseringsprojekten kommer i full gång kan det bli svårt att klara av alla säkerhetsgranskningar som behövs. Karakteristiken att arbetet för säkerhet aldrig blir färdigt, att man aldrig får slå sig till ro och inte heller får vara nöjd ger en bra bild av säkerhetsarbetets innersta väsen.

### 7.7.4 MTO frågor

En synpunkt som kom igen i många intervjuer var att man bör beakta samspelet mellan människan, tekniken och organisationen. I Sverige har man myntat begreppet MTO för att täcka in dessa frågor. Det är uppenbart att man i en analys av händelser ofta ställs inför mänskligt felhandlande och organisatoriska brister. Svårigheten är att få modeller och aktionsplaner för att på ett systematiskt sätt analysera och förbättra organisationens sätt att hantera MTO frågor.

MTO-analyser görs för att finna generella grundorsaker till varför svagheter och brister inte upptäckts och korrigerats. Metoden har sina rötter i IAEAs ASSET metodik och motsvarande amerikanska modeller. Begreppet används även i ett bredare sammanhang och kan användas för analys av arbetsprocesser för att i förebyggande syfte finna svaga länkar och potentiella riskmoment.

Ett av problemen är att det sällan är möjligt att framföra en enda grundorsak, utan det gäller ofta att sälla fram en handlingsplan för att komma åt mera generella svagheter

eller brister i kvalitetssäkringen. Här gäller det ofta att kunna hitta en vision för framtiden som kan omfattas och engagera. I sammanhanget bör man också söka smidiga arbetsformer, som förenklar beslutsvägar och administration. För att verksamheten skall vara effektiv bör den vara ordnad och överblickbar. Säkerheten kan aldrig bli bättre än den organisationen som utvecklar den. En effektiv organisation tar till sig erfarenhet och utvecklar systematiskt sitt sätt att arbeta.

### **7.7.5 En utveckling av kompetensen**

När kärnkraften byggdes ut var kompetensen samlad bland relativt få individer. Nu är kompetensen mera spridd. För att få en god inblick i krav och lösningar räcker det inte med att se på säkerheten från bara en synvinkel. Ett sätt att beakta olika vinklingar av säkerhetsarbetet är att se till att en effektiv kommunikationsprocess äger rum mellan kraftbolag, myndighet och leverantörer. Man kunde tala om en triolog, som visserligen förutsätter att man kan ta hand om aktörernas olika roller på ett sätt som inte inkränkar på deras integritet.

Kärnkraftbranschen står inför en generationsväxling. Hos myndigheter, kraftbolag och leverantörer har man identifierat problemet och man har också i vissa fall formulerat och implementerat en handlingsplan. Ett osäkerhetsmoment är möjligheten att färre unga personer väljer kärnkraft som sin bana. Det kan i sin tur påverka den kompetens som kommer att finnas i branschen i ett mera långsiktigt perspektiv. I sammanhanget måste man beakta att inskolningsperioden för en nyutbildad ingenjör väl kan komma att uppgå till fem år, medan tiden för att få fram en doktor inom området lätt kan bli det dubbla. Ett problem som är kopplat till utbildningen är att forskningsarbete blir svårt att finansiera i en bransch som krymper. För framtiden kommer det dock att behövas individer som kan filosofera runt en kravbild och omsätta den i tekniska lösningar. Man kommer också att behöva människor som kan överbrygga olika discipliner och kombinera kunnande från olika områden.

## **8. NÅGRA FALL I ETT STÖRRE SAMMANHANG**

### **8.1 Fall som en illustration av säkerhetsarbetet**

#### **8.1.1 Vad som menas med fall**

I detta sammanhang har ordet *fall* valts hellre än en händelse för att illustrera något mera. Ett fall skall kunna belysa hanteringen av viktiga säkerhetsfrågor och bör kunna bidra till att man får en bättre uppfattning om hur olika delar av säkerhetsarbetet samverkar. Ett fall skall således kunna belysa de interaktioner som man har mellan olika delar i organisationerna samt mellan myndighet och kraftbolag. Eftersom fall i denna mera överordnade betydelse har egenskapen att de engagerar olika organisationer och olika kompetens betyder det att fallen har en speciell relevans när man vill bedöma hur en organisation fungerar.

Ett fall består således av en händelse och den behandlingsprocedur som händelsen fick hos kraftbolag och myndighet. Dessutom inbegrips i benämningen fall den lärdom man drog av händelsen, hur denna lärdom satts i sammanhang och hur den förts ut i en bättre praxis både hos kraftbolag och myndighet. Man kan således säga att ett fall är en händelse tillsammans med dess för- och efterhistoria.

### **8.1.2 Bakgrunden till de fall som valdes**

Valet av fall gjordes utan djupare analys av vilka som kunde vara intressanta. Ett kriterium var att bakgrundsmaterial skulle finnas tillgängligt i tillräcklig omfattning. Fallen som valdes var bekanta för de personer, som var inblandade i planeringen av projektet. Fallen har fungerat bra som exempel på hur säkerhetsarbetet fungerar och de underliggande orsakerna för att något går fel. Man bör framhålla att alla fall på en detaljnivå är olika. De representerar mycket speciella händelsesekvenser, som knappast kommer att uppträda på nytt. På en mera övergripande nivå är de mycket lika, genom att de illustrerar hur säkerhetshot kan uppstå genom brister i barriärer och styrmekanismer.

Utöver de fall som valdes från början, har även silhändelsen i Barsebäck kommenterats. Detta gjordes, eftersom den har haft ett stort inflytande på myndighetsarbetet i Sverige. När man ser på fallen som valts, kan man säga att de är representativa för problem man kan råka ut för. Fallen visar på brister i den ursprungliga konstruktionen, man har haft problem med fel i utrustningen, man har råkat ut för handhavandefel och man har haft brister i administrativa rutiner.

## **8.2 Branden på TVO den 12.4.1991**

### **8.2.1 Händelsen i korta drag**

Branden i 6 kV ställverket den 12.4.1991 på TVO 2 slog ut den yttre elförsörjningen på stationen för ungefär 8 timmar. Under denna tid matades stationen av sina fyra dieslar. Händelsen var allvarlig men hanterades till alla sina delar föredömligt. Att händelsen fick den omfattning den fick, berodde dels på att generatorbrytaren inte kunde bryta hela kortslutningsströmmen och dels på att man inte kunde hitta andra inmatningsvägar för en yttre elförsörjning. De svenska stationerna har överlag varit bättre rustade för en händelse av denna typ.

### **8.2.2 Hur händelsen hanterades på TVO**

Man kunde snabbt bilda sig en uppfattning om vad som hade hänt. En stor del av ledningsgruppen på TVO var på ett möte i Helsingfors, men man fick kontakt via personsökare och mobiltelefoner. En del av ledningsgruppen startade genast mot TVO och kunde redan under resan sköta några rapporteringsuppgifter. Övriga stannade på STUK och höll också därifrån kontakt med media i huvudstadsregionen. Redan samma

dag gjordes med tillhjälp av PSA analys en säkerhetsmässig bedömning av driftstrategin under den tid den yttre elförsörjningen väntades bli borta.

När händelsen inträffade förberedde TVO sin årsrevision som var planerad att starta i maj. I och med händelsen bestämde man sig för att tidigarelägga revisionen, vilket också lyckades. Skadorna kunde repareras ungefär inom samma tid som man hade planerat för revisionen, så produktionsbortfallet av händelsen var obetydligt. Händelsen ledde till en stort antal ändringar på TVO, som har följts upp med detaljerade genomgångar. Händelsen är nu avförd från dagsordningen. Som en anekdot kan nämnas att en utomstående konsult hade granskat TVOs säkerhetsanalys och då ansett att modelleringen av elsidan var gjord i mycket stor detalj. Detta hindrade inte att man blev överraskad när det visade sig att ett enkelt fel hade den betydelse det hade.

### **8.2.3 Hur händelsen reflekterades på de andra kraftverken**

De svenska kärnkraftverken fick mycket snabbt meddelande från ABB Atom, som gav en beskrivning av vad som hade hänt. På Forsmark hade man redan under dagen personliga kontakter med personer på TVO. Man kunde snabbt konstatera att man på de svenska kärnkraftverken hade ett bättre skydd mot händelser av denna typ. Det har dock inte hindrat att man genomfört en hel del förebyggande åtgärder för att minska risken för brand och öka tillgängligheten för elmatningen i olika sekvenser.

### **8.2.4 Hur myndigheterna hanterade händelsen**

STUK skötte händelsen enligt vanliga rutiner och man tog tillfället i akt för att genomföra en extra beredskapsövning. På basen av den information man fick kunde man snabbt sätta sig in i situationen. Eftersom dieslarna gick bra såg man inga skäl att ingripa, men man hade i samråd med TVO utarbetat en plan för vidare åtgärder om situationen skulle förvärras. Händelsen föranledde ett riksdagsspörsmål, som STUK svarade på någon vecka efter händelsen. Man hade redan då en mycket detaljerad beskrivning av händelseförloppet och orsakerna till händelsen.

På SKI fick man tidigt meddelande om händelsen. Genom informella kontakter till STUK fick man en kopia av den rapport som hade utarbetats av TVO. Eftersom man hade kunskap i finska kunde man internt göra en översättning av rapporten och den vägen bilda sig en uppfattning om vad som hade hänt. SKIs egna experter kunde ganska snabbt förklara att man på de svenska stationerna hade ett bättre skydd för den sekvens det var frågan om. Man kunde därför ganska snabbt besluta att händelsen inte föranledde brådskande åtgärder på de svenska anläggningarna.

### **8.2.5 En diskussion om fallet**

Branden på TVO 2 illustrerar att det alltid kan finnas dolda brister i den ursprungliga konstruktionen. Bristerna var sådana att inte ens bärande säkerhetsprinciper, såsom



principen om separation gällde fullt ut. Man kan visserligen argumentera för att de system som var inblandade inte var säkerhetsklassificerade och att man därför inte ställde speciella krav på dem. Problemet är dock att säkerhetsklassificeringen aldrig kan ta alla interaktioner i beaktande och att den därför i prioriteringen av säkerhetsaktiviteterna snarare skall ses som ett stöd än en absolut sanning.

Man kan knappast förrän efteråt med facit i hand identifiera sekvenser som på detta sätt kan hota säkerheten. Genom PSA studierna visste man att anläggningen var känslig för störningar i elförsörjningen, men man hade inte tänkt sig att en felfunktion av en relativt obetydlig komponent skulle få det genomslag som den fick. Att bristen fanns på TVOs anläggningar, men inte på de svenska stationerna kan ha berott på en konflikt mellan ekonomi och säkerhet, men hänger antagligen mera ihop med det faktum att man inte helt förstod vilka konsekvenser sekvensen kunde få.

### **8.3 Felställda säkerhetsventiler i Ringhals**

#### **8.3.1 Händelsen i korta drag**

I oktober 1994 fick man i samband med ett snabbstopp på Ringhals 2 en trycktransient på sekundärsidan. Man reagerade inte då för att något var ovanligt, men man observerade någon månad senare i samband med beräkningarna för ånggeneratorbytet på Ringhals 3 att trycktransienten borde ha öppnat säkerhetsventilerna. De hade inte öppnat. Vid en närmare analys visade det sig att man i kalibreringsförfarandet hade använt sig av en rutin som förde med sig att ventilernas öppningstryck var inställt för högt.

Det är på sitt sätt anmärkningsvärt att man inte tidigare har lyckats upptäcka att ventilerna varit felställda. Man hade också väntat sig att transienten analyserats så att man ganska genast skulle ha hittat problemet. Händelsen fick en ytterligare komplikation under våren 1995 genom att det visade sig att man inte heller efter analysen lyckats ställa in ventilerna rätt. Man har således haft ett dubbelfel i kalibreringsprocedurerna.

#### **8.3.2 Hur händelsen hanterades i Ringhals**

Ringhals har rätt ut alla aspekter av händelsen på ett förtjänstfullt sätt. En MTO-analys har gjorts och rapporten är mycket detaljerad. Man har här gjort en noggrann analys av barriärfunktioner och hur de påverkats av olika förhållanden. Frågan om orsaken till att man hade en felaktig kalibreringsprocedur redan i den ursprungliga konstruktionen eller om den tillkommit under byggnadsskedet har man inte kunnat lösa helt. De åtgärder som rekommenderades i MTO-analysen har legat som grund för de åtgärder som man genomfört. Man har i samband med ånggeneratorbytet på R3 tagit lös en säkerhetsventil som skickats till Tyskland för provning vid fullt tryck. Försöken visar nu att man kan kalibrera ventilerna rätt. Man har också gjort en betydande översyn av de rutiner man använder för att analysera kraftverkets svar vid större transienter. Fallet kan nu anses vara avfört från dagsordningen

### 8.3.3 Hur händelsen reflekterades på de andra kraftverken

Händelsen har inte föranlett direkta åtgärder annat än i Ringhals, eftersom de andra kraftverken är olika till sin konstruktion. I Lovisa hade man visserligen redan tidigare bestämt sig för att byta ut sina egna säkerhetsventiler så händelsen registrerades.

På kokvattenreaktorerna i Finland och Sverige använder man sig av tryckavlastningsventiler som har en mekanisk och en elektrisk funktion. Denna tekniska lösning ger ett bättre skydd genom diversifieringen. Man provar också säkerhetsventilerna eller deras styrventiler vid fullt tryck. En oro som har en viss knytning till förloppet är hur ventilerna klarar sig om de måste blåsa en blandning av vatten och ånga. Detta förlopp åtgärdas som bäst på några av kraftverken genom att man kompletterar befintliga tryckavsäkringsventiler med nya säkerhetsventiler.

### 8.3.4 Hur myndigheterna hanterade händelsen

SKI har gjort en inspektion för att få en samlad bild över de åtgärder som gjorts med anledning av händelsen. I inspektionen försökte man speciellt bedöma Ringhals förmåga att hantera de identifierade bristerna. Enligt SKIs bedömning var MTO-utredningen omfattande med en djup analys och den var samtidigt präglad av en stor öppenhet. Vid inspektionen konstaterade SKI att MTO-analysens rekommendationer hade följts och att ett omfattande analysarbete hade genomförts. Man ansåg också att Ringhals egen kompetens har ökat inom området genom att egen personal hade deltagit i arbetet. Det som man egentligen ansåg vara den svaga punkten i hanteringen av händelsen var att man inte hade uppmärksammat de fel ställda ventilerna tidigare. SKI ansåg dock att Ringhals utvecklats också i detta avseende. I anslutning till händelsen har specialgranskningar av tryckavlastande system gjorts även på de andra svenska kärnkraft-aggregaten.

### 8.3.5 En diskussion om fallet

Säkerhetsventilerna i Ringhals illustrerar möjligheten av att brister i konstruktionen och det faktum att de ursprungliga rutinerna kanske inte ifrågasätts i tillräcklig utsträckning. Man måste förstå att kraftverken byggs i ett intensivt projekt som har strikta både kostnads- och tidtabellsramar. Det kan därför lätt hända att ett problem som upptäcks får en temporär lösning, som inte är tillräckligt genomtänkt. Om inte heller lösningen och de överväganden som då gjordes dokumenteras tillräckligt noggrant, kan det senare bli svårt att ta den temporära lösningen under nytt övervägande.

Man måste också tillräckligt effektivt kunna ta till sig av den erfarenhet som finns i ofrivilliga experiment. Denna analys måste gå utanför de system som direkt varit inblandade så att man kan upptäcka anomalier i det dynamiska förloppet. Genom att ha både tekniska system på plats för att samla in den information som behövs och

administrativa rutiner för att se till att informationen tas tillvara borde man kunna hitta gömda brister som går tillbaka till kraftverkens byggperiod.

Ett tredje generiskt problem hänger samman med driftklarhetsverifiering efter en störning. Liknande problem uppträder efter en revision. Det finns alltid ett tryck på att så snart som möjligt gå upp i effekt och starta produktionen. Innan man kan göra det bör man dock se till att alla system är driftklara och att man tillräcklig väl förstår alla komponenter av det inträffade händelseförloppet.

## **8.4 Moderniseringen av Oskarshamn 1**

### **8.4.1 Bakgrunden till moderniseringsprojektet**

Man hade observerat sprickor i en del rör och hade startat ett projekt för att byta rören. Då problemet med silarna i kondensationsbassängerna på de äldre svenska kraftverken identifierades, insåg man att avställningen skulle bli längre. Man tog då tillfället i akt och gjorde en mera omfattande inspektion av rör och komponenter. Man hittade då nya sprickor i matarvattenledningarna i nära anslutning till reaktortanken.

När man sedan gick in för att mera i detalj analysera olika händelseförlopp, visade det sig också att man inte i den ursprungliga konstruktionen tagit tillräcklig hänsyn till den effekt som ett haveriförlopp kunde ha på omkringliggande konstruktioner. Bl.a. visade det sig att en del blåsvägar inte var riktigt dimensionerade, vilket kunde ha betytt att man skulle ha fått ytterligare fel som en konsekvens av ett stort rörbrott. Separeringen på elsidan var inte heller tillräckligt bra, vilket kunde ha lett till fel med gemensam orsak. Det visade sig att man måste göra ganska genomgripande ändringar för att antagandena i den ursprungliga FSARn skulle kunna anses giltiga.

### **8.4.2 Hur projektet hanterats i Oskarshamn**

O1 konstruerades innan de amerikanska bestämmelserna utvecklats till den nivå som kom att gälla för senare konstruktioner. Man hade de nya kraven som utkast så att man tog i beaktande så mycket som möjligt. Kravbilden för O1 är därför inte lika klar som för de andra svenska reaktorerna. Detta gjorde att det blev svårt att hitta den kravnivå man skulle sätta på återstart och moderniseringar. Den lösning som man valde var att i stor utsträckning hantera argumenteringen med tillhjälp av PSA.

En viss politik har väl gått in i beslutet att modernisera O1, eftersom avvecklingen i Sverige hade varit inledd om man inte hade gjort något. Projektet har delats i två delar av vilka den första syftar till att återställa kraftverket i det skick man föreställde sig att det var 1992. Den andra delen innehåller en omfattande modernisering för att anpassa kraftverket mot mera moderna krav. Man har i planeringsfasen utnyttjat både ABB och Siemens. O1 fick tillstånd för uppstart i december 1995 och moderniseringen väntas

vara genomförd år 1998 Den ursprungliga planen förutsatte en betydligt snabbare tidtabell för uppstarten, men det visade sig ganska snart att det fanns mera problem än man väntat sig från början.

#### **8.4.3 Användningen av PSA analys i projektet**

PSAn fick i projektet en mycket viktig position i projektet eftersom man snart insåg att en kombination av ett deterministiskt och probabilistiskt resonemang behövdes för att kunna visa att konstruktionen var tillräckligt säker. För att klara av problemen med en otillräcklig separering fick man bl.a. genomföra en mycket noggrann modellering av el- och kontrollsystem. På samma sätt gjordes också mycket detaljerade modeller av rörsystemet så att man betydligt bättre än tidigare kunde beräkna sannolikheten för olika typer av rörbrott. Den PSA som tagits fram för O1 kan anses som den noggrannaste i Sverige och man har planer på att utveckla PSAn för andra kraftverk till en motsvarande nivå.

#### **8.4.4 Hur projektet reflekterats på de andra kraftverken**

Projektet har varit det hittills största i Sverige, som syftat till att modernisera ett gammalt kärnkraftaggregat så att det kan användas också i fortsättningen. Projektet har därför väckt ett internationellt intresse, men det har kanske dock varit mera begränsat än man väntade sig i Oskarshamn. Orsaken är säkert till en del den att olikheterna mellan O1 och de andra kärnkraftaggregaten gör att man har svårt att tillämpa resultaten direkt. O1 har dock villigt delat med sig av erfarenheterna och man har hållit några nationella och internationella seminarier för ändamålet.

#### **8.4.5 Hur myndigheterna har förhållit sig till projektet**

SKI har följt arbetet på flera olika nivåer. Utöver regelbundna möten på ledningsnivå har också handläggare på systemnivå träffats regelbundet. Den svåra frågan vilka krav som skall ställas innan ett uppstarttillstånd kan ges, löstes så att man som mål satte att stationen skall ställas i ett sådant skick man antog att den var när den avställdes år 1992. Problemet med att få fram en praktisk procedur för att komma överens om vad som skall kunna anses vara en riktig kravnivå för moderniseringen innehåller fortfarande öppna frågor.

SKI har under granskningsarbetet för O1 fått bygga upp en syn på hur äldre reaktorer skall granskas. Denna syn är intimt förknippad med en kravbilden och denna borde göras möjligast tydlig. Denna kravbild har inte dokumenterats explicit, men den är inskriven i de protokoll man fört under granskningsarbetet.

#### **8.4.6 En diskussion om fallet**

Moderniseringen av Oskarshamn startades som ett resultat av brister man upptäckte. Att man sedan under projektets gång upptäckte flera brister var inte väntat. Man fick därför ställa om planerna vid flera tillfällen och fick mycket större kostnader än man ursprungligen väntat sig. Som utomstående kan man endast säga att det verkar som om ledningen på ett utmärkt sätt stått bakom och stött projektet, trots de problem man ställdes inför. Det att bristerna var så uppenbara gjorde naturligtvis att projektet fick den tyngd det fick. Man kunde inte argumentera för en fortsatt drift innan bristerna blivit korrigerade.

Efteråt kan man också tycka att man redan tidigare borde ha hittat indikationer på att de tekniska lösningarna inte alltid var så bra som man hade föreställt sig. Det hade man antagligen också gjort, trots att man inte då hade ett tillräckligt tryck på att rätta till bristerna eller göra en närmare inventering av problemen. Det är ofta så att man i en period av framgång fäster ganska liten vikt vid signaler om att allting kanske inte är helt i sin ordning. I det sammanhanget kommer också ledningens inställning att ha en avgörande roll. Det verkar som moderniseringen av O1 har bundit upp mycket av de resurser man har i Oskarshamn så att moderniseringarna av de nyare enheterna inte har dirvits med samma kraft.

## **8.5 Silärendet i Sverige**

### **8.5.1 Valet av fallet**

Ursprungligen valdes inte silhändelsen som ett fall för ett närmare studium. Diskussioner i projektets referensgrupp ledde dock till att man ansåg att en separat utredning kunde vara på sin plats för att se hur händelsen hanterats i ett större perspektiv. Efter några inledande diskussioner beslöts att man per telefon skulle intervjua ett brett forum av representanter från myndigheter och kraftbolag i Sverige och Finland. I intervjuerna skiljde man på en beskrivning av:

- förhistorien till händelsen,
- händelsen,
- tiden omedelbart efter händelsen tills femreaktorstoppet deklarerades,
- tiden till återstarten,
- hur erfarenheten tillgodogjorts.

De intervjuade granskades anteckningarna från intervjuerna och nedanstående rapport sammanställdes på basen av dem.

### **8.5.2 Händelsen i korta drag**

I samband med återstart av Barsebäck 2 efter slutförd revisionsavställning 28.7.1992 öppnade ett sprängbleck i reaktorinneslutningen vid 30 bars tryck på grund av att styrventilen till en av de friblåsande säkerhetsventilerna stått öppen. Det läckage, som man härigenom erhöll, var dock inte större än att man väl lyckades kompensera

förlusten med vatten för kylning och täckning av härden. Ångblåsningen medförde dock att mineralullsisolering på kringliggande rörledningar blåste sönder och stora mängder isolering transporterades ned till inneslutningens kondensationsbassäng. Där blockerade den på kort tid sugsilarna till i första hand härdnödsprinklingssystemet, men också till inneslutningssprinklingen. En genomgång av konstruktionsförutsättningarna visade att igensättning av silarna beaktats, men att de analyser och beräkningar, som legat till grund för dimensionering av silar och tillhörande funktioner lett till en felbedömning av tiden för hur snabbt silarna blockeras med ungefär en tiopotens. När det stod klart att avvikelser och brister i säkerhetssystemen existerade, beordrade SKI i mitten av september att landets fem äldsta reaktorer, externpumpsreaktorerna, skulle stoppas i avvaktan på de åtgärder och redovisningar, som erfordrades för att visa att säkerhetsnivån återställts till vad som gällde för aggregatens drifttillstånd.

Ett intensivt arbete påbörjades vid de berörda blocken. Vid fyra av dem, Barsebäck 1 och 2 samt Oskarshamn 1 och 2, var inriktningen att åstadkomma en temporär lösning för att kunna säkerställa driften fram till nästa års revisionsavställning, då de slutliga åtgärderna vidtogs. För det femte blocket, R1, ställde man redan från början in sig på den slutliga lösningen. Inledningsvis togs förslag till lösningar fram samtidigt som konstruktionsförutsättningarna analyserades på nytt. Analysresultaten väckte nya frågor såväl vid kraftverkens interna granskningar som vid granskningen vid SKI. Detta medförde nya analyser och framförallt ett mycket stort antal experiment och försök på flera olika platser. Bevisbördan för att få acceptans för de lösningar, som presenterades, och kraven på robusthet ledde till att de temporära lösningarna inte stod färdiga förrän i början av 1993. Vid denna tidpunkt hade även R1 en lösning framme, som innebar att fyra av blocken kunde beviljas tillfälligt drifttillstånd. För O1 blev silhändelsen inledningen till det längre driftstopp med omfattande åtgärdsarbeten i såväl reaktortank som primärsystem och som inte innebar återstart förrän i slutet av 1995.

De slutliga konstruktionsförändringarna genomfördes på de fyra blocken i samband med 1993 års revisionsavställningar och blocken återfick sina drifttillstånd under hösten 1994. Även R1 genomförde vissa förbättringar under avställningen 1993. Övriga svenska block berördes inte direkt av femreaktorstoppet, men ombads av SKI att redovisa hur de uppfyllde gällande krav. Denna översyn ledde även för dessa block till en viss modifieringar av utrustningen främst vad gäller backspolningsfunktionen och valet av isoleringsmaterial.

### **8.5.3 En diskussion om fallet**

Sett i stort kan konstateras att händelsen hanterats bra av kraftföretag och myndigheter. Den inledande händelsen med ångblåsning och siligensättning i Barsebäck och därefter samtidigt stopp av fem block har utan jämförelse varit den hittills största händelsen i svensk kärnkraftshistoria. Det måste ha varit både ovant och samtidigt svårt och tungt för SKI att ta beslutet om stopp av de fem externpumpsreaktorerna. Händelsen och det fortsatta skeendet har dock varit lärande för alla inblandade parter och man har tagit till sig information och erfarenheter. Omfattande förändringar har genomförts i både de direkt berörda blocken och i de nyare aggregaten. Industrin har än en gång visat att man

har kompetens och kapacitet att hantera händelser av den här storleksordningen. Både myndigheter och kraftindustri har dessutom bidragit till att erfarenheterna delgivits kolleger ute i världen.

Trots att det sammanfattande omdömet om hur händelsen hanterats är övervägande positivt, finns det naturligtvis ett antal iakttagelser och reflektioner, som man kan göra. Nedanstående är ett försök att diskutera kring en del av dessa observationer.

Händelsen tyder på att en viss grad av godtrogenhet existerat, kanske framförallt hos myndigheten, men också hos kraftföretagen, vad gäller tilliten till vissa säkerhets-systems funktion vid rörbrott. Sedan backspolning av silarna installerats 1977 och ytterligare förbättringar genomförts under 1980-talet, har man fram till silhändelsen 1992 levt i förvisningen att man hade väl fungerande silar och backspolningsarrangemang. Ursprungliga försök och analyser har aldrig ifrågasatts och silhändelsen visade tyvärr att de befintliga konstruktionerna byggde på delvis felaktigt, men framförallt ofullständigt underlag. Den omfattande experiment- och analysverksamhet, som krävdes för att anläggningarna skulle kunna återstartas, visar att erforderlig kunskap om konsekvenserna av blåsningar i inneslutningen och om igensättning av silar inte fanns tillgänglig varken i Sverige eller utomlands. Mängden isolering, som slits loss, och den del som transporteras ned i kondensationsbassängen samt isoleringens sedimenteringsegenskaper i vatten har inte varit fullständigt klarlagt och tidigare uppskattningar har inte ifrågasatts tillräckligt kraftigt.

Indikationer har funnits på att befintliga installationer inte varit helt optimala. En del av dem som fanns på kraftföretagen i slutet av 1970-talet upplevde att de backspolningsarrangemang som infördes på externpumpsreaktorerna var temporära åtgärder eller åtminstone att lösningarna skulle analyseras och utvärderas ytterligare sedan de installerats för att kunna betraktas som slutliga. Detta var uppenbarligen inget som uttalades särskilt tydligt och när andra stora och besvärande frågor som pool-dynamik och åtgärder i kölvattnet av TMI krävde resurser så släpptes silfrågan. Bidragande till detta har säkerligen varit det faktum att teknikenheterna vid kraftföretagen inte hade den styrka och uthållighet, som erfordrades för driva på, speciellt när nya problem pockade på uppmärksamhet.

Denna situation är sannolikt inte unik för silfrågan. Temporära eller "tillräckliga" åtgärder har en tendens att bli hängande tills någon ny händelse inträffar eller ny information i frågan blir tillgänglig. Målsättningen att alltid slutföra projekt och att åstadkomma fungerande lösningar finns säkerligen hos kraftföretagen, men den visar sig ibland vara svår att uppfylla när såväl personella som ekonomiska resurser är begränsade och nya förslag till förbättringar inom andra väsentliga områden väntar på genomförande.

Även om det åtminstone hos en del personer funnits en gnagande misstanke om att backspolningslösningen var en temporär åtgärd - om än en väl accepterad och vidareutvecklad sådan - så har detta inte varit tillräckligt för att det skulle leda till en förändring. En verklig händelse har erfordrats för att behovet skulle bli riktigt uppenbart och förändringar komma till stånd.

#### 8.5.4 Några lärdomar

Sett i ett större perspektiv var det naturligtvis bra att händelsen inträffade, så att man blev medveten om bristerna, och att den inträffade under gynnsamma förhållanden. Den kunde kanske lika gärna ha inträffat någon annanstans, men med värre konsekvenser än vad som blev fallet i Barsebäck. För Barsebäck var det givetvis olyckligt, men det ledde till ny insikt som i sig med alla vidtagna åtgärder avsevärt har höjt säkerhetsnivån på de svenska, och också på en del utländska, kraftverk.

Både kraftverk och myndigheter har förändrats och lärt en hel del från händelsen. SKI har blivit mera granskande och samtidigt också mera fordrande. De upplevs som mera konservativa, när de ställer krav på robusthet vad gäller både fysiskt utförande och redovisningar. På kraftverken har det skett en attitydförändring. Säkerhetsarbetet, speciellt analysverksamheten, har fått ett lyft och begrepp som enkelfelskriterium har blivit bättre etablerade och beaktas numera oftare.

En annan lärdom är att inte huvudstupa kasta sig över problemen, utan att först ha gjort klart för sig hur förutsättningarna ser ut. Ambitionen att snabbt kunna återstarta ledde inledningsvis till att bristfälligt grundade lösningar presenterades och avfärdades i snabb takt. Den konkurrenssituation mellan kraftverken, som blivit resultatet av den avreglerade elmarknaden, bidrog med stor sannolikhet till den uppkomna situationen och till att blocken kom att välja olika lösningar. Konkurrens kan innebära både för- och nackdelar inom kärnkraftssektorn. Den kan vara nyttig och främja utvecklingen, men den får samtidigt inte vara ett hinder för en dialog och ett nära samarbete i syfte att åstadkomma bra lösningar, alldeles speciellt i säkerhetsfrågor.

Det informella kontaktnätet mellan de svenska kraftverken respektive mellan myndigheterna i Sverige och Finland har uppenbarligen fungerat tillfredsställande, då det handlade om att få information om blåsnings- och silproblemen. Det kan å andra sidan ifrågasättas varför de formella kontaktvägarna inte utnyttjades och skulle de ha fungerat om de använts. Direktkontakt med enskilda individer är ett snabbt sätt att få information, men hur säkerställer man att kvaliteten på den lämnade informationen är tillräcklig. Ringhals skaffade sig exempelvis information genom direktkontakt med operatörerna i centrala kontrollrummet (CK) vid Barsebäck 2. Har CK normalt tillräcklig överblick över situationen, när händelsen har passerat det första skedet och man är på väg in i ett analyskede? Hur förvissas man sig om att man får relevant information? Kontakt med CK innebär att man har kontakt med ett kollektiv och kontaktpersonen där kan vara en annan vid nästa tillfälle och att denne gör andra värderingar och annat urval av information. Det informella kontaktnätet är ofta effektivt, men det är personberoende och hur fungerar det när kontaktpersonen inte är tillgänglig?

Erfarenhetsutbytet mellan myndighetskollegerna i Sverige och Finland förefaller inte alltid ske på det säkraste och mest effektiva sättet. Under silhändelsens första skede skedde informationsutbytet mellan SKI och STUK på ett något bristfälligt sätt och följde inte den formella vägen. Tack vare andra kontaktvägar fick dock STUK i samband med fem-reaktorstoppet en mera omfattande information. Att man inte informerade sina finländska kolleger tidigare kan kanske till en del förklaras av att SKI inte förrän på ett ganska sent stadium före stoppet nådde full insikt om händelsens



allvar. Tidigare utbyte av information om åtgärder rörande silar i Finland tycks inte heller ha skett eller så har inte informationen beaktats när den erhållits.

### **8.5.5 Hur händelsen hanterades internationellt**

SKI och kraftbolagen i Sverige gjorde ett aktivt arbete för att förmedla erfarenheten av händelsen internationellt. Man ordnade bl.a. seminarium i OECD/NEAs regi och man bidrog med en stor insats till en rapport som har publicerats av USNRC.

I Finland förorsakade Barsebäckshändelsen inte mera uppmärksamhet än vad man kunde förvänta sig av vilken annan incident vid en svensk anläggning. Situationen på de finländska kraftverken Olkiluoto och Lovisa var tekniskt väsentligt bättre än vid de svenska externpumpsreaktorerna. Blocken i Olkiluoto var liksom de nyare svenska anläggningarna bättre dimensionerade och utrustade med stora silar. På Lovisa hade man identifierat händelsekedjan som ett möjligt problem och gjort en del experiment och förbättringar i slutet av 1970-talet. Silhändelsen ledde trots det till att ytterligare förbättringar genomfördes efter händelsen.

Trots den ganska kraftiga reaktionen internationellt efter fem-reaktorstoppet och den relativt omfattande spridningen av information och erfarenheter samt av nya kunskaper och vidtagna åtgärder vid de svenska kraftverken är det förvånande i vilken begränsad omfattning man i omvärlden följt i Sveriges spår. Med undantag av Finland, Schweiz och i viss mån Tyskland, där åtgärder vidtagits i paritet med de svenska, är det praktiskt taget inga andra länder, som vidtagit några mera påtagliga åtgärder. Mest förvånande är det att inte amerikanerna reagerat kraftigare. Visserligen hävdas det att amerikanska anläggningar är utrustade med andra system för inmatning av vatten och att metall-isolering är mera frekvent förekommande, men detta gäller inte alla kraftverk och dessutom har ett antal mindre incidenter förekommit i USA, som i kombination med Barsebäckshändelsen borde fungerat som väckarklocka, åtminstone på myndighetssidan.

## **8.6 En övergripande analys av fallen**

### **8.6.1 Några grundorsaker**

Fallen visar det som många internationella händelser också visat. Det är inte en utan flera orsaker som alla samverkar till att en händelse får den omfattning den får.

Orsakerna fördelar sig mellan brister i tekniska och administrativa system. Man har en initierande händelse som ofta är mycket obetydlig, men som förvärras av dolda brister i systemen. En del av bristerna har varit inbyggda i den ursprungliga konstruktionen och andra har tillkommit under driften. Man har fått indikationer på att något inte är som det borde vara, men man har inte reagerat tillräckligt kraftigt på signalerna.

Fallen visar också på svårigheterna med brister i den ursprungliga konstruktionen. Man kan småningom bygga bort dem så länge som tillräcklig hänsyn tas till att ändringarna analyseras tillräckligt grundligt. För att detta analysarbete skall kunna göras måste dokumenteringen vara i ordning och man måste ha kompetens att genomföra analyserna. Brister i administrativa rutiner kommer också i dagen, men det är svårare att hantera de mera subtila kopplingarna mellan människor i en organisation.

### **8.6.2 Brister i barriärer och kontrollmekanismer**

Fallen pekar på brister i verifierings- och valideringsprocesserna i konstruktionsprojekten. Det är dock lätt att förstå att någon detalj kan glömmas bort i ett intensivt utvecklings- och byggnadsprojekt. Konstruktionerna utvecklades också av ABB Atom i en mycket snabb takt, samtidigt som man på en kort tid byggde många kärnkraftaggregat. De nyare enheterna verkar vara behäftade med mindre problem, vilket visar på att leverantörerna lyckats ta till sig av erfarenheten i de tidigare konstruktionerna. De rekonstrueringsprojekt som startats för att återgenerera konstruktionsförutsättningarna för de äldre kärnkraftaggregaten är en logisk åtgärd för att hitta kvarvarande brister.

Fallen visar också på att man inte alltid varit effektiv i att ta hand om drifterfarenhet. Rapporteringen och analysarbetet har utvecklats mycket bara under en tioårsperiod. Trots det kunde en ytterligare sortering och prioritering av materialet hjälpa till med att hitta det som är viktigt.

Varje händelse skall ses som en möjlighet att samla in ytterligare information om hur kraftverket beter sig i transienter. Man skall dock inte se alltför begränsat på sådana händelser utan också se hur närliggande system påverkas av transienten. Det finns flera sådana exempel på att man kunnat hitta fel i konstruktion eller komponenter på grund av att det dynamiska förloppet inte gått som väntat.

Fallen visar också på det triviala faktum att det är lätt att vara efterklok. Det är dock betydligt svårare att sälla mellan alla svaga signaler som indikerar möjliga problem än att reagera på en händelse som tydligt pekar på en brist. I praktiken blir det ofta så att man behöver ganska kraftiga signaler innan man reagerar. Trots det är en framförhållning och en proaktiv inställning nödvändig.

### **8.6.3 Brister i kommunikation**

Brister i kommunikation går igen i fallen liksom i många internationella händelser. Det är svårt att försäkra sig om en tillräckligt effektiv kommunikation både horisontellt och vertikalt samt mellan olika organisationer. De som kommunicerar måste ha ett gemensamt sammanhang och en gemensam bild, dvs. en modell, av objektet för kommunikationen. Det blir svårt att ha en sådan modell om inte dokumentationen med avseende på kravbild och konstruktion är i sin ordning. De måste också kunna ta sig tid att korrigera missuppfattningar i de bilder som förmedlas. Kommunikation förutsätter att man har tid och i en trängd resurssituation ser man ofta att tom, nödvändig kommunikation blir lidande.

Ett problem som går igen i många av fallen är, att man har en felaktig uppfattning eller förväntning på det arbete som görs av någon annan. Detta sker ofta med uppgifter som är allas ansvar och därför inte upplevs att tillhöra någon. Om inte en sådan missuppfattning blir korrigerad, kan det hända att den påverkar utvecklingen av en händelsesekvens i ett kritiskt skede. Sådana missuppfattningar kan motverkas med en tillräcklig tydlig och rik kommunikation i alla kontaktytor mellan olika delar av organisationen.

#### **8.6.4 Ett svar vid händelser**

Händelser inträffar alltid oväntat. Samtidigt vill allmänheten få ett omedelbart svar på vad som har hänt, vilken orsaken var och hur händelsen påverkar dem. Ett sådant svar kan ibland vara svårt att ge innan en händelse har analyserats till sina detaljer. Samtidigt vill inte industrin bli tvingad till löften om specifika åtgärder innan en detaljerad analys blivit gjord. I en sådan situation är det ofta lätt att med en stor tyngd förklara att händelsen inte kan upprepas och att den inte är möjlig på en viss typ av kraftverk. Ett skört förtroende kan undergrävas om en uppenbar nedvärdering av en risk kan identifieras. Samtidigt motar kulsprutejournalistik in branschen i en försvarsposition som gör det svårt att vidmakthålla en nödvändig öppenhet i kommunikationen.

#### **8.6.5 Att förebygga händelser**

Händelser kan förebyggas genom att man griper in i de orsakssammanhang som på ett eller annat sätt bidrar till att en händelse inträffar eller förvärras på grund av brister i försvarslinjer. Trots att man i princip kan tänka sig att allting alltid sköts rätt är detta aldrig möjligt i praktiken. Man måste därför arbeta förebyggande, så att man outtröttligt försöker se säkerheten ur nya synvinklar och samlar in och rättar till även obetydliga problem. Principerna om barriärer och djupförsvar är då svaret på hur man kan bygga en tillräcklig säkerhet.

I det praktiska arbetet på kärnkraftverken kan man inte göra en obegränsad satsning på säkerheten, utan man måste fråga sig vad som är rimligt med hänsyn till förväntad nytta. Man måste prioritera och styra mot sådant som är förnuftigt. På samma sätt måste myndigheterna rikta sina insatser mot områden där den största nyttan av deras arbete kan väntas.

Situationen är unik på varje kraftverk och hos varje myndighet. Det betyder en kontinuerlig anpassning till situationsspecifika förhållanden. För att kunna vara effektiv måste man dock kunna använda sig av erfarenhet som samlats av andra. Detta betyder att man måste kunna skala av det som är situationspecifikt för att kunna se generiska lärdomar för att anpassa dessa till en annan situation. För att processen, i vilken man överför erfarenhet från en omgivning till en annan, skall bli effektiv måste de situationspräglade förhållandena tolkas och sättas i ett sammanhang.

En förutsättning för att säkerhetsarbetet skall vara effektivt är att organisationerna har tillräckligt med resurser så att man kan agera systematiskt och eftertänksamt. Att genom inspektion, granskning och analys kunna hitta dolda brister är alltid svårt. Innovativa personer kan kanske peka på olika möjligheter till fel och de konsekvenser dessa kan ha,

men det kan vara svårt att ge dessa synpunkter gehör i synnerhet om resurssituationen är kärv.

### **8.6.6 Fallen som en illustration av en säkerhetskultur**

Händelser kommer alltid att driva på utvecklingen av säkerhetsarbetet. TMI och Tjernobyli händelserna hade en stor betydelse på säkerheten genom de åtgärder som infördes. Händelser som drabbar en själv har alltid ett högre inlärningsvärde. Ibland verkar det som om den kraft med vilken sådana förbättringar drivs är betingade av den vikt myndigheterna lägger vid händelserna. Det verkar också som om interaktionen mellan myndigheter i olika länder har en pådrivande effekt.

En analys av de valda fallen och internationella händelser ger en indikation av att de har komponenter med en kulturell förankring. Av de ovan analyserade fallen är det främst silärendet som har haft en svensk förankring. Förankringen kan också ses i den kraftiga reaktion händelsen väckte både hos både myndigheten och kraftbolagen i Sverige.

Sammanfattningsvis kan man om alla dessa händelser säga att de var anmärkningsvärda, men ingen av förorsakade något reellt hot mot säkerheten. Detta faktum ger igen en illustration av att de säkerhetsprinciper på vilka konstruktionerna baserar sig är effektiva. Det sätt på vilket man tagit tillvara erfarenheterna från händelser som egentligen klassats som relativt obetydliga och de ändringar man har genomfört på grund av dem illustrerar på ett liknande sätt en god säkerhetskultur.

## **9. IAKTTAGELSER, VÄRDERINGAR OCH SLUTSATSER**

### **9.1 En värderingsmodell**

#### **9.1.1 Ett sätt att värdera säkerhetsarbetet**

Syftet med värderingen är att göra en bedömning av dels hur väl säkerhetsarbetet täcker väsentliga frågor och dels hur effektivt det fungerar i praktiken. Från värderingen skall man sedan kunna dra slutsatser om vad som fattas och på vilket sätt man ytterligare kan förbättra effektiviteten i arbetet. Problemet med att göra en värdering är att hitta något att jämföra med. Vilka är de aktiviteter som skall finnas med för att man skall kunna anse att arbetet täcker alla väsentliga frågor och vad måste gälla för att man skall kunna anse att arbetet görs effektivt? Man kan skilja på olika sätt att göra en sådan jämförelse. Först kan man då tänka sig att iakttagen praxis jämförs med en normativ modell som byggs upp av de komponenter som beskrevs i kapitel 6.2. Man kan också tänka sig att göra en jämförelse av två olika sätt att göra arbetet där man hittat skillnader mellan Finland och Sverige eller mellan de olika kraftbolagen.

### 9.1.2 Jämförelser med internationell praxis

Internationell praxis så som den är definierad i internationella standarder eller regler och guider som har utarbetats av IAEA är väletablerade. Problemet är att man i många fall har svårt att definiera vad som är internationell praxis, eftersom reglerna tillämpas mycket olika i IAEAs medlemsländer. De stora kärnkraftländerna har vanligen ett eget regelverk som har påverkat utvecklingen av IAEAs regler och internationella standarder. Reglerna speglar en internationell samsyn, men dokumenten är ofta ganska övergripande så det är svårt att peka på direkta avvikelser. Reglerna och guider har också utarbetats i en lång process där man har enats om en viss formulering, som ibland kan vara ganska urvattnad. Det har ibland också varit svårt att ta in senaste forskningsrön från områden där kärnkraften snarare tillämpar resultat än är tekniskt pådrivande.

De värderingar som IAEA erbjuder inom OSART, ASSET och ASCOT programmen representerar en systematisk värdering som görs mot en modell av en god praxis. Denna modell är dock underförstådd och formulerad i en frågelista. Frågelistorna har validerats i flera besök på kärnkraftverk runt om i världen och de personer som deltagit i värderingen har med tiden blivit skickliga i att upptäcka problem. Metoderna har dock aldrig blivit validerade i en strikt vetenskaplig mening och ingen teoretisk modell har heller stått som grund för frågelistorna. Den främsta nyttan värderingarna har haft är att de har hjälpt till att få till stånd ett erfarenhetsutbyte mellan personer som är engagerade i det praktiska säkerhetsarbetet. Man kan därför säga att de internationella värderingar bidragit till att höja en global säkerhetskultur i branschen.

### 9.1.3 Svårigheten med värderingar

En begränsad studie kan snarare generera intryck än komma med djupa iakttagelser och övertänkta analyser. En studie som baserar sig på intervjuer och diskussioner har också sina egna begränsningar. Intryck kan dock ge upphov till idéer och initiativ till ett fortsatt arbete. Sådana har kommit fram under projektets gång och de har förmedlats till kraftbolag och myndigheter. Några av idéerna har följts upp i fortsättningsprojekt.

En svårighet i att göra en djupgående analys är att det finns många kopplingar mellan aktiviteterna i säkerhetsarbetet. I ett rikt kopplat system har man svårt att reda ut kausala samband, vilket betyder att det också är svårt att ge klara rekommendationer för vad man skall ändra på för att korrigera möjliga problem. Orsaksförhållanden är kopplade till intentioner och det kan vara svårt att skilja mellan uttalade och mera djupt liggande intentioner. Resultaten av en studie blir till en viss del beroende av de personer som gör studien, vilket gör att man kan få in en färgning av observationer och analyser. Värderingar kan också kännas obekväma för de inblandade och det kan då bli besvärligt att hitta neutrala formuleringar.

Värdering av säkerheten vid en kärnkraftanläggning måste alltid göras med respekt för svårigheterna, trots att en betydande erfarenhet finns att bygga på från världens ca 6000 reaktordriftår. Avancerade och systematiska metoder har utvecklats, både för att

upptäcka svagheter och för att säkerställa att åtgärder som vidtas leder till avsedda förbättringar. Värderingar måste göras med en ständig medvetenhet om att säkerhetsfrågorna är komplexa och delvis svårgripbara. En förutsättning för varaktig säkerhet är därför att säkerheten aldrig tas för given, utan att den ständigt ifrågasätts.

### **9.1.4 Iakttagelser, analys och en värdering**

I det följande kapitlet görs en ansats till att värdera säkerhetsarbetet såsom det utförs i Finland och Sverige. Värderingarna görs på basen av iakttagelser utgående både från modellen som behandlats under kapitel 6.2 (kapitel 9.2) och från observerade skillnader i praxis (kapitel 9.3). Analys och värderingar görs med hänsyn till modellen.

De frågor som tagits upp i detta sammanhang baserar sig på en värdering av dels vad som är viktigt för säkerheten dels på att iakttagelserna inte tidigare har diskuterats i en större omfattning. Iakttagelser och värderingar försöker således hitta nya infallsvinklar på hur man kan höja kvaliteten av säkerhetsarbetet.

När man bygger modeller av säkerhetsarbetet får man balansera mellan två ytterligheter, en modell som är så enkel att den är trivial, eller en som är så komplicerad att den är oanvändbar. Branschens säkerhetsexperten använder sig av mycket nyanserade modeller, men problem kan uppstå när dessa skall förmedlas till politiker och allmänhet. Samtidigt kanske en enklare modell, som kan förstås av utomstående, inte förmår förmedla en tillräckligt nyanserad uppfattning om centrala frågor och hur de har blivit lösta.

### **9.1.5 Studiens metod**

Studien har visat att det är värdefullt att kunna jämföra olika praxis och den vägen skapa en bättre förståelse för komponenterna i säkerhetsarbetet. Observerade skillnader har givit tillfällen till intressanta diskussioner om fördelar och nackdelar med olika praxis. Som regel har dock skillnaderna varit små och man har alltid haft en förklaring för att man valt den praxis som används.

Kartan över säkerhetsarbetet har i sin preliminära form (Kapitel 6.1) hjälpt till att strukturera intervjuer och föreliggande rapport. Den mera detaljerade modellen (Kapitel 6.2) formulerades ganska sent i projektet och den har sedan styrt den analys som görs i detta sammanhang (kapitel 9.2). Få begrepp har under projektets gång diskuterats så intensivt som just denna karta och vilken nytta man kan ha av en sådan metafor. Den har dock bidragit till att skärpa frågeställningarna och den vägen genom diskussioner skapa en bättre förståelse för säkerhetsarbetets innersta väsen.

Ett problem i studien har varit att tolka de iakttagelser som har gjorts, eftersom tolkningar lätt för med sig negativa värderingar. Referensgruppen har i ett flertal sammanhang önskat sig tydliga värderingar, men det har ibland varit svårt att enas om tillräckligt tydliga formuleringar. En studie i NKS regi är enligt överenskommelse offentlig och det för med sig kravet att hitta ett ordval som man kan vara överens om.

Eftersom arbetet samtidigt måste passas in i givna ekonomiska ramar har vissa kompromisser gjorts.

## 9.2 Några iakttagelser utgående från modellen

### 9.2.1 Säkerhetsarbetet bör ha tydliga mål

De olika säkerhetsaktiviteterna griper in i varandra. Material som en aktivitet genererar för ett primärändamål kan också användas för ett antal sekundärändamål. Ett heltäckande säkerhetsarbete förutsätter att också dessa sekundärändamål är identifierade och att de styr verksamheten. Det verkar som man inte alltid har identifierat sådana sekundärändamål och därför inte har en så rik koppling mellan aktiviteterna som man kunde ha. Ett exempel är PSA-arbetet som kunde få en vidare spridning utöver den relativt trånga krets av specialister som nu använder sig av verktyget. För detta borde man göra tänkesätt och resultat mera lättillgängliga.

Begreppen mål, medel och utfall går igen i många olika sammanhang inom aktiviteterna. För en enskild aktivitet ges målen utanför aktiviteten, medan aktiviteten själv väljer medel för att nå målen. Om ett utfall inte uppfyller de mål man ställt kan aktiviteten själv förbättra medlen, men den kan också ifrågasätta givna mål. I båda fallen tar man till sig den erfarenhet som följer med ett utfall och man erhåller ett rikt nät av både framåtriktad och återkopplad styrning. Intrycket är att säkerhetsarbetet fungerar på detta sätt, trots att den ovan beskrivna strukturen inte alltid är så tydlig.

En annan observation är att olika aktiviteter i sig själva måste innehålla komponenter av planering, analys, erfarenhetsåterföring, kvalitetskontroll, osv. för att de skall kunna fungera effektivt. Man får således en struktur som med en metafor kan sägas vara fraktal, eftersom varje del av organisationen innehåller samma komponenter i en liknande struktur. Intrycket är att man intuitivt har förstått detta behov och organiserat sig för det, men att man inte har uttryckt det så explicit.

### 9.2.2 Det skall finnas en balans mellan ansvar och befogenheter

Sättet att organisera sig är viktigt i många avseenden. En del skribenter har försökt beskriva organisationer i termer av en maktkamp och analogin kan någon gång vara träffande. Det är viktigt vem som har ansvaret för i en viss uppgift, eftersom initiativ förväntas komma från honom eller henne. Samtidigt måste man vara mycket tydlig i interaktionen mellan två aktiviteter så att inga missförstånd uppstår. Man har i systemet med interna upphandlingar sökt ett bättre sätt att fördela ansvar och befogenheter samtidigt som man hoppats få en större tydlighet i interaktionen mellan driften och de tekniska avdelningarna. Man kan säga att en förskjutning i maktbalansen har skett mellan drift och teknik. Meningarna om systemet har varit delade och man har backat något från den ursprungliga tanken att skapa en intern konkurrens. I princip är tanken god att driften skall vara beställare när man vill låta driftmässiga överväganden dominera. I och med att man offererar och beställer ett arbete blir man också mera

kostnadsmedveten. Det hindrar dock inte att en teknisk avdelning också kan ha ett ansvar för anläggningens säkerhet och ekonomi på lång sikt. På en anläggningsplats med flera olika enheter är systemet naturligt som ett sätt att låta behov balansera insatser. Oberoende av det övergripande system man väljer kommer de mera detaljerade övervägandena som görs, att bero på personer samt deras senioritet och kompetens.

### 9.2.3 Framförhållningen måste säkerställas

I internationella sammanhang talar man ofta om ett proaktivt förhållande till säkerheten. På kärnkraftverken hör man ofta termen framförhållning. Båda begreppen innefattar en systematisk planeringsverksamhet som med insikt identifierar vad som måste göras i god tid innan problem uppstår. Intervjuerna förmedlade ett visst intryck av att denna framförhållning inte alltid har varit lika god som den är nu. Man kunde till och med tala om att man tidigare trott på en myt om att behoven i en förvaltnings- och avvecklingsfas är andra än i utbyggnadsfasen. Man har tydligen föreställt sig att förvaltningsfasen skulle vara mera statisk och det har gjort att man inte varit speciellt aktiv i att följa med ny utveckling. Den bakomliggande orsaken är antagligen politisk, eftersom intrycket av en förvaltningsfas är starkare i Sverige än i Finland.

Planeringen av den femte enheten i Finland gav branschen en betydande kompetensinjektion, trots att planerna lades på is 1993. Den kompetensen har sedan kommit i användning i moderniseringsprojekten både i Finland och Sverige. Det är uppenbart att säkerhetsarbetet måste vara framåtriktat för att kunna vara effektivt. Ett sätt att vara framåtriktad är att planera för nya anläggningar. I planeringen av moderniseringar har man också sett den positiva inverkan på säkerheten som ett tänkande i nya konstruktioner kan ha.

I en allmän bedömning av framförhållningningen måste man dock säga att den är god. Trots att politiska beslut gjorts om avveckling av kärnkraften i Sverige satsar kraftbolagen kraftigt på moderniseringar. Man har heller inte problem med att få unga människor till branschen.

### 9.2.4 En förståelse för helheten bör utvecklas

Samfunktion är ett begrepp som man ofta återkommer till. Med begreppet menar man att delarna i ett system skall fungera tillsammans, trots att de planerats och byggts upp skilt för sig. Begreppet har att göra med kravet att samtidigt kunna se till både helhet och detaljer. Detaljsynen erbjuder vanligen inte större problem, eftersom man har effektiva modeller för de flesta av behoven. Problemet är att få en modell som kopplar ihop alla delarna på ett förnuftigt sätt. Kompetensmässigt representerar samfunktionen också ett problem, eftersom man har få breda specialister som förmår förmedla information mellan olika detaljområden. Problemen accentueras när man tar med frågor som berör personal och organisation, eftersom dessa inte traditionellt fått samma vikt som de rent tekniska frågorna. Kravet på samfunktion har identifierats i branschen och



man har lösningar som kan hantera problemen, men forskningsinsatser är fortsatt motiverade.

Några incidenter på kraftverken i Sverige har illustrerat svårigheten i att säkerställa tillräcklig en kvalitet när man verifierar att en anläggning är driftklar efter en revision. Utan att gå närmare in på incidenterna kan man anta att en del av svårigheten ligger i att koordinera den helhet som genomförande av aktiviteterna under en avställning innebär. En av lösningarna är att utveckla bättre hjälpmedel så att denna helhet kan hanteras mera effektivt.

### **9.2.5 En fortsatt satsning på informationssystem behövs**

Informationshanteringen är ett reellt problem för hela branschen. Man måste hantera mycket stora mängder information och det är svårt att för varje behov sälla fram det som är relevant. Problemet är analogt med problemet att presentera information i kontrollrummen. Den information man absolut behöver i olika aktiviteter får man nog, men det finns en hel del kringinformation som kan vara bra att ha och sådan tar man inte till sig om den är svår att få tag på. En pressad resurssituation bidrar också till att man inte söker sådan information.

Uppdateringen av dokumentationen vid anläggningsändringar är ett specialfall av det mera generiska problemet. Eftersom en enda ändring kan generera ett behov av att uppdatera ett tjugotal dokument blir arbetet omfattande och det kan förflyta en ganska lång tid innan alla ändringar är införda.

### **9.2.6 Erfarenhetsåterföringen har blivit bättre**

Erfarenhetsåterföringen verkar idag fungera väl, men det är uppenbart att det inte alltid varit så. Redan grundandet av Erfatom visar att det har funnits ett behov av att förbättra utbytet av drifterfarenhet mellan kraftverken. Man har också genom en nära kontakt till ABB Atom lyckats ställa erfarenheten i relation till de intentioner konstruktören hade i sin ursprungliga konstruktion. Tidigare gjordes uppenbart ett dubbelarbete genom att händelserapporterna analyserades parallellt på flera ställen. Nu får man händelserna analyserade och prioriterade från Erfatom. Trots att man på detta sätt får informationen bättre sorterad och analyserad, betyder det dock inte att man för viktiga händelser kan göra avkall på den egna verksamheten. Ett visst behov verkar att finnas i att utveckla hur man tar till sig erfarenheten i konkreta förbättringar. Man har en förståelig tendens att nedvärdera betydelsen av händelser som inträffat annanstans.

En speciell svårighet är kopplad till analysen av händelser med mänskligt felhandlande och organisatoriska brister. Analyserna upplevs ibland som försök till att hitta en syndabock, men den attityden har man nog lyckats arbeta bort på de flesta anläggningarna. MTO-utredningar har visat sig vara förenade med många svårigheter och kvaliteten i utredningarna har varierat. Erfarenheterna av analyserna är dock övervägande positiva och förståelsen är numera stor för betydelsen av att vidareutveckla

metoderna och ge utbildning i deras användning. Fortsatt forskning för att förbättra metodiken är nödvändig.

### **9.2.7 Säkerhetsarbetet måste få tillräckligt med resurser**

En högre effektivitet innebär att man kan åstadkomma samma resultat med mindre resurser. Det ligger därför nära till hands att man försöker pressa en organisation genom att ge mindre resurser utan att ändra målen. Om detta sker i längden blir situationen ohållbar och man kan då tala om ett syndrom, där man optimerar systemen tills något går sönder.<sup>28</sup> Detta kan motverkas endast genom att man gör noggranna analyser och i dem försöker bedöma marginell säkerhetsnytta i förhållande till en ändring i de resurser man avsätter för en viss aktivitet. I bedömningarna måste man också ta hänsyn till den osäkerhet som alltid finns i modeller och data. Man gör sådana bedömningar, men de är oftast intuitiva.

I en pressad resurssituation är det också svårt att reagera med tillräcklig kraft på svaga signaler om att något inte är som det borde vara. När tiden endast räcker till för det löpande försvinner långsiktighet i aktiviteterna och man hinner inte ta till sig information utöver det som man absolut behöver. Endast tillräckliga marginaler i resurserna kan säkerställa en långsiktighet i arbetet samtidigt som man förmår reagera tillräckligt kraftigt på nya problem när de uppträder.

Den resursbelastning som organisationen får ta på sig måste också vara rimligt fördelad, så att inte en enhet är överlupen med arbete, medan en annan har för litet att göra. Intrycket är att man ganska väl har lyckats med denna balansering, men att hela branschen är överbelastad med arbete. Det är nog bra att ställa upp ambitiösa mål, men man måste också vara villig att ta ett steg tillbaka, om det visar sig att man försöker göra för mycket.

## **9.3 Några skillnader i syn och praxis**

### **9.3.1 Ett historiskt skeende**

En viss skillnad i hur säkerhetsarbetet utförs har kunnat identifieras. Skillnaderna är dock på det hela taget små och orsakerna till skillnaderna har en klar historisk förklaring. Efteråt sett förefaller de lösningar som valdes vara väl motiverade i den dåvarande situationen, men det kan säkert vara skäl att på nytt ta upp de mera grundläggande förhållandena till en ny granskning. Den största skillnaden i hur säkerhetsarbetet görs är kopplad till det faktum att man i Sverige har haft en egen inhemsk leverantör, medan man i Finland köpt anläggningarna av utländska leverantörer. Det har tydligen i Finland lett till en större vilja att tydligt dokumentera de krav man ställer.

### 9.3.2 Den politiska inställningen till kärnkraft

Kärnkraftens politiska ställning är mycket olika i Finland och Sverige. I uppbyggnadsskedet hade kärnkraften ett starkt politiskt stöd i Sverige, men det förbyttes i ett aktivt motstånd genom polariseringen mellan kärnkraftsförespråkare och -motståndare i samband med och efter folkomröstningen. Det politiska stödet för kärnkraften har i Finland inte varit lika uttalat, men motståndet har inte heller fått motsvarande politiska tyngd. Det politiska motståndet har under de senaste tio åren otvivelaktigt haft ett inflytande på kompetensutvecklingen i Sverige. Inställningen hos kraftbolagen har varit att på ett strategiskt plan låta bli att notera avställningsbesluten och istället planera för en fortsatt drift. Det kan visserligen bli svårt att ekonomiskt motivera betydande moderniseringar i en avvecklingssituation. Man har försökt, men man har tydligen inte helt lyckats med att isolera sin personal från den stress en osäker framtid medför.

### 9.3.3 Myndighetstillsynen

Myndighetstillsynen i Finland och Sverige skiljer sig i några avseenden. De riktlinjer som STUK har utvecklat har bidragit till att klargöra kravbilderna och det upplevs positivt. SKI har satt igång ett motsvarande arbete med att skriva föreskrifter, men de får en annan legal status. Där YVL-guiderna tolkar myndighetens synpunkter och mål kommer SKIFS att gälla som lag. Den struktur som vuxit fram i Finland verkar vara ändamålsenlig och den ger också en möjlighet till flexibilitet i tolkningar. YVL-guiderna i Finland är en levande samling dokument, så risken för att de skulle lägga en hämsko på utvecklingen inte är speciellt stor. Det finns en risk att dokument med en högre status blir svårare att hålla levande.

SKI har uppenbart mindre resurser än STUK. SKI har begränsat omfattningen av granskningen av anläggningsändringar. SKI har delvis på grund av de begränsade resurserna flyttat tyngdpunkten från granskningen av material till granskningen av kraftbolagens verksamhetsprocesser. STUK har uttryckt en motsvarande vilja om att frångå en mycket detaljerad teknisk granskning, bortsett från de stickprov som alltid behövs. Det är säkert på sin plats att man i myndighetsgranskningen som regel inte upprepar de analyser som kraftbolagen gör, men myndigheten bör också kunna upprätthålla en tillräcklig kompetens. Myndighetsgranskningen borde också kunna generera andra vinkling på säkerhetsproblematiken.

I Finland har STUK inspektörer som är stationerade på anläggningarna. Systemet upplevs som positivt hos både myndigheten och kraftbolag och det säkrar en myndighetens närhet på anläggningarna. I Sverige upplevs SKI mera avlägsen än STUK i Finland. Detta hänger säkert också samman med den breda kontaktyta STUKs inspektörer har mot kärnkraftverken i Finland. Om myndigheten har mycket kontakter till kraftbolagen finns det naturligtvis risker för att inspektörerna kommer för nära kraftbolagen, men i Finland ser det ut som om man klarat av att hålla rollerna i sär.

### 9.3.4 Säkerhetsarbetet på kraftverken

En viss skillnad i säkerhetsarbetet på kraftverken kan ses mellan Finland och Sverige. Man kan säga att man i Finland arbetar mera teknikororienterat än i Sverige. Detta kan också ses i det faktum att man inte på samma sätt som i Sverige gått över till ett system där produktionen beställer arbete av den tekniska avdelningen. Säkerhetsavdelningen är i Lovisa och Olkiluoto en del av teknikavdelningen, medan den i Sverige har en mera oberoende position. Till en viss del kan detta kanske förklaras med att STUK har en betydligt större insats i den säkerhetsgranskning som görs. Säkerhetskommittéerna på kraftverken i Finland och Sverige har ganska liknande uppgifter och sammansättning, trots att smärre skillnader förekommer.

### 9.3.5 MTO-arbetet

Det sätt man organiserat den verksamhet som ser till personal och organisation skiljer sig ganska mycket mellan Finland och Sverige. I Sverige har både kraftbolag och myndighet väletablerade MTO-grupper och deras arbete upplevs som värdefullt. Man kan rent av se Sverige som ett föregångsland genom den uppmärksamhet man fäst vid dessa frågor. I Finland har inställningen till kärnkraftsäkerhetens mjuka frågor varit betydligt mera förbehållsam. Det är svårt att ge en förklaring till varför man i Finland inte har fäst samma vikt vid MTO-arbetet, men en förändring vore nog på sin plats.

## 9.4 Slutsatser

### 9.4.1 Säkerhetsarbetet täcker väsentliga frågor

Studien har i sig inte visat på någon viktig fråga som inte täcks in av säkerhetsarbetet. Däremot visar erfarenheterna att viktiga frågor ibland inte drivs med en tillräcklig målmedvetenhet innan de gör sig påmindas genom incidenter. Medan det ena sidan kan ses som en styrka i säkerhetsarbetet att frågorna fångas upp i erfarenhetsåterföringen, så måste detta å andra sidan samtidigt ses som en brist i framförhållningen. Den återkommande säkerhetsgranskningen i Sverige har t.ex. missat säkerhetsfrågor som senare uppenbarats i samband med renoveringsprojektet för Oskarshamn 1.

Ett allmänt intryck är trots allt att säkerhetsarbetet ligger på en god nivå i både Finland och Sverige. Flertalet säkerhets- och effektivitetsindikatorer visar på att de finländska och svenska kärnkraftverken placerar sig på hög internationell nivå. De äldre kärnkraft-aggregaten som finns i Sverige har efter hand moderniserats för att säkerhetsmässigt motsvara moderna säkerhetskrav, även om de inte i alla avseenden uppfyller moderna säkerhetsprinciper. Moderniseringsarbetet i Sverige har inte tidigare drivits så starkt som kunde ha varit önskvärt. Intervjuerna förmedlar ett intryck av att de rutiner man använder sig av följer det man internationellt i branschen anser att leder till en god säkerhet.

De säkerhetsmål branschen har ställt upp i Finland och Sverige är i överensstämmelse med internationell praxis. Man förhåller sig allvarligt till de mål man ställt upp och

sätter in ett stort arbete på att verifiera att de faktiskt är uppfyllda. Kvaliteten i säkerhetsarbetets olika delar är god, trots att det alltid går att se ett utrymme för förbättringar.

Branschen har en god framförhållning i sin verksamhet och man är villig att ta till sig ny erfarenhet. Myndighetsarbetet är insiktsfullt och riktar sig mot områden där brister i säkerhetsarbetet kan bli kritiska. Inom hela branschen har man en effektiv både formell och informell kommunikation. Vissa händelser pekar dock på att ytterligare förbättringar kan behövas även här. Betydelsen av ett öppet informationsutbyte, som inte störs av konkurrenshänsyn, har också framstått helt klart.

#### **9.4.2 Resurserna kunde användas bättre**

Ett omedelbart intryck när man talar med personer i branschen är att de har förfärligt mycket arbete. En del av orakerna ligger säkert i utvecklingen i samhället mot en ständigt ökad produktivitet. En annan orsak kan också sökas i en ökad bevisbörd för att verifiera att uppställda säkerhetskrav är uppfyllda. En tredje orsak härrör sig från kraven på en bättre ekonomisk konkurrenskraft som kommit genom avregleringen inom elförsörjningen. Situationen är i viss mån oroande om man i branschen inte kan ta sig tid för annat än det som omedelbart faller på. Om tiden inte räcker till är det svårt att bibehålla en framförhållning och många viktiga kontakter blir lätt lidande.

Studien visar att säkerhetsarbetet i en allt större utsträckning styrs av säkerhetsmål och utvecklingen går säkert i en för helheten bra riktning. Det kan emellertid ibland vara svårt att balansera olika mål och de resurser som allokeras kan stå i bjärt konflikt med mål man ställer upp. I kontaktytan mellan olika hierarkiska nivåer i en organisation är det tyvärr alltför lätt att ställa upp på orealistiska mål, dels för att man är optimistisk och dels för att man har svårt att med tillräcklig tyngd argumentera för att målen är orealistiska.

#### **9.4.3 Bättre kontakter mellan aktiviteterna behövs**

Inom branschen har man lyckats skapa en förståelse för helheten. Man har också många utmärkta hjälpmedel som gör det möjligt att väga samman olika typer av aktiviteter för att skapa en helhetsbild av säkerheten. Trots det föreligger nog en uppdelning på fack och discipliner där de personer som kan överbrygga gränserna är ganska få.

En ganska enkel förbättring av kontakterna mellan de olika aktiviteterna kunde kanske nås från en lista på aktiviteter och en diskussion om kontaktytan mellan dem. Genom att identifiera områden där en marginell insats ger ett mervärde för de andra aktiviteterna kunde man ta på sig att föra in den i verksamheten. Ett exempel kunde vara PSAn och dess möjligheter att ge ett mervärde åt andra aktiviteter såsom ändringsverksamhet, underhållsplanering och utbildning.

Betydelsen av ha väldefinierade roller i säkerhetsarbetet har uppmärksamats på senare år. Organisationsformerna har utvecklats mot en ökad decentralisering och mera tydliga

ansvarsförhållanden. Ett problem är visserligen att en sådan uppdelning kan bygga nya barriärer mellan olika aktiviteter. Det som behövs är en medveten om helheten och en kommunikationsförmåga hos olika aktörer. Om man skapar en förståelse över gränserna inom de olika aktiviteterna kan man anta att ledningen av säkerhetsarbetet förenklas.

Ett område som också kunde diskuteras är inriktningen av myndighetstillsynen. Här finns de största skillnaderna mellan Finland och Sverige. Skillnaden har växt fram i en historisk process. Finland och Sverige är dock mycket lika när man ser till tänkesätt lagstiftning och teknisk infrastruktur. Vilken uppdelning av roller och uppgifter mellan kraftbolag och myndighet bör man ha i ett modern industrialiserat samhälle? SKI har delvis av resursmässiga orsaker identifierat denna fråga som viktig, men också STUK har uttryckt ett behov för en diskussion av inriktningen av den framtida myndighetstillsynen. För säkerhetsmyndigheterna är det viktigt att hitta en rätt balans mellan verksamhetsinriktad och tekniskt objektrinriktad tillsyn. Myndighetstillsynen måste vara grundad på förtoende och ömsesidig förståelse för rollerna. En situation där myndigheten anser sig behöva ta till de yttersta maktmedlen är redan en indikation på djupa problem.

## 9.5 Rekommendationer

### 9.5.1 Decentralisera insiktsfullt

Man har i kärnkraftbranschen, dock utan att vara föregångare, valt att gå mot en mera decentraliserad organisation. Utvecklingen har varit snabbare i Sverige än i Finland och den har delvis varit kopplad till strömningar i samhället, men den är också betingad av kraven på en effektiv drift av ett komplext tekniskt system. Man klarar inte av att med en toppstyrd organisation upprätthålla hög motivation och kompetens samtidigt som man håller personalstyrkan inom rimliga gränser. Denna förskjutning mot en mera decentraliserad organisation har fört med sig ett behov för att strukturera om verksamheten och här har ibland uppstått problem. Ansvar och befogenheter har flyttats neråt i organisationen, men mottagarna har ibland känt sig vilsna i den nya situationen.

I en utomstående bedömning är utvecklingen mot en mera decentraliserad organisation den enda rätta vägen att gå. Endast en decentraliserad organisation ger möjligheter att på ett effektivt sätt klara av de krav säkerhetsarbetet ställer. Den ger också personalen på olika nivåer i organisationen ett innehåll i arbetsuppgifterna och en möjlighet till kompetensutveckling. Vissa indikationer pekar dock på att denna förändring inte alltid gått helt smärtfritt. Man upplever t.ex. att företagen blivit mera kortsiktiga i sitt agerande och att det blivit svårare att upprätthålla kompetens inom områden där den omedelbara nyttan inte är uppenbar. En rekommendation kunde vara att mera explicit i företagens övergripande policyförklaringar föra fram långsiktighet och kompetens som hörnstenar i säkerhetsarbetet och att man mera konkret i strategier och verksamhetsplaner gå igenom vad detta betyder. Det är klart att en decentraliserad organisation kräver ändrade rutiner inom flera aktiviteter och man måste då ha en klar förståelse för vad dessa innebär. Man får antagligen också allokeras resurser på ett annat sätt i en

decentraliserad organisation. En satsning på att teoretiskt utreda olika organisationsmodeller kunde vara på sin plats.

### **9.5.2 Öppenhet behövs för att lära av erfarenhet**

Att lära av erfarenhet har redan tidigare i flera sammanhang förts fram som en av de mest centrala mekanismerna i en strävan att uppnå en god säkerhet. Denna kan fungera endast om det finns en öppenhet och en vilja till självkritik. Författarnas intryck är att man i branschen mycket öppet och ärligt redogör för sina problem. Man har också i många olika sammanhang själv kritiskt gått igenom problem för att hitta nya och bättre lösningar. Det faktum att en studie som denna har kunnat genomföras, är en indikation på att denna öppenhet och självkritik också fungerar i praktiken. Ett problem är dock att öppenheten ibland har blivit missförstådd av politiker och allmänhet, som inte har en tillräckligt nyanserad bild av säkerhetsarbetet och dess innehåll. Om inte öppenheten kan bibehållas blir säkerheten lidande. En öppenhet ställer även krav på resurser för att kunna beskriva och förklara.

Problemet här är att branschen inte har lyckats förmedla sitt budskap om säkerhet till allmänheten och politiker. Orsakerna till detta misslyckande är många, men resultatet är att man har tvingats in i en försvarsställning där redan ett erkännande att något kanske borde förbättras ses som ett medgivande att uppenbara brister existerar. Många av problemen har identifierats och beskrivits i den litteratur som finns inom området riskkommunikation. Det är säkert svårt att bidra till det kunnande som redan finns, men de nordiska länderna kunde kanske utgående från sin speciella situation göra en insats som syftade till att förbättra kommunikationen mellan experter och lekmän i svåra frågor som berör teknologi och risker.

### **9.5.3 Fortsätt att utveckla säkerhetsarbetet**

Projektet har visat att säkerhetsarbetet är mångfacetterat och svårt att fånga i en enkel beskrivning. Olika sätt att arbeta är på sitt sätt effektiva. Den modell av säkerhetsarbetet som utvecklas i rapporten borde kunna hjälpa till med att skapa en mera nyanserad syn på dess olika delar och hur de hänger ihop. Hur man bäst kan föra arbetet med kartan över säkerhetsarbetet vidare är svårt att se, men ansvaret för ett nästa skede ligger på användarna av resultaten. De olika organisationer som studerades hade alla sin egna både starka och svaga sidor.

Denna rapport riktar sig främst mot experter. Som tidigare konstaterats finns ett behov i branschen att för en upplyst allmänhet kunna berätta om innehållet i säkerhetsarbetet. Här kunde man tänka sig att skriva om denna rapport i en förkortad och mera lättförståelig form för att tillfredsställa sådana informationsbehov.

Det som utan vidare är klart är att säkerhetsarbetet behöver en kontinuerlig utveckling. Hur man kan upprätthålla en sådan har berörts tidigare. Det allra viktigaste i en sådan utveckling är att den sker insiktsfullt. Man kan inte ta ut en praxis ur ett sammanhang och plantera in den i ett annat. Den praxis som man använder är en helhet där de olika delarna slipats mot varandra för att tillsammans skapa en fungerande helhet. Det betyder

visserligen inte att man aldrig skall ändra något, utan man bör understryka en kontinuerlig anpassningsprocess där man insiktsfullt söker nya lösningar. Man bör i allt undvika att säkerhetsarbetet blir dogmatiskt så att man söker det enda rätta sättet att organisera sig. I ett sådant sökande kan man lätt fastna i en uppfattning att det egna sättet är det bästa och då kan man inte mera bedöma sin egen verksamhet med tillräcklig insikt.

## 10. INFÖR FRAMTIDEN

I varje teknologi är ett antal frågor öppna när den introduceras. Man kan inte på förhand ta hand om dem alla, men de får sina lösningar när teknologin utvecklas. En ny teknologi möts med en stor entusiasm och dess förespråkare tar ofta till överord. Så skedde också när kärnkraften introducerades i slutet av 1950- och i början av 1960-talet. För att en ny teknologi skall komma över de första svåra trösklarna krävs ett visst mått av optimism. Alternativet att gå fram med en större försiktighet kan leda till att teknologin inte utnyttjas.

Kärnkraften byggdes ut i ett mycket intensivt skede och konstruktionerna förbättrades mycket snabbt. I byggskedet hade man i synnerhet i Sverige en effektiv treparts-kommunikation mellan leverantör, kraftbolag och myndighet, som möjliggjorde den snabba tekniska utvecklingen. När den politiska situationen förändrades backade myndigheten in i en mera tillbakadragen roll och kommunikationen till myndigheten sköts i Sverige nu huvudsakligen genom kraftbolagens säkerhetsavdelningar. Eftersom kommunikationen till myndigheten därigenom sköts av färre personer har det lett till att man inom industrin ibland känner sig osäker på vilka krav myndigheten ställer och hur man kan vänta sig att kravbilderna kommer att utvecklas. Det kunde vara på plats att försöka hitta ett sätt att återuppta en sådan trepartskommunikation där man informerar om planer och strategiska bedömningar.

I efterhand sett är det uppenbart att driften av kärnkraftverk kräver betydligt mera resurser än man från början räknat med. I början var man inte heller på det klara med hur viktig dokumentation och säkerhetsredovisning faktiskt skulle bli i det dagliga arbetet. Bevisbördan för säkerheten är idag större än den var t.ex. för tjugo år sedan och man har ett behov av att ibland gå tillbaka till tidigare säkerhetsredovisning för att verifiera antaganden eller utvidga någon analys. Detta betyder att stora krav ställs på säkerhetsredovisningen i fråga om tydlighet och spårbarhet. Här kunde en insats vara på sin plats för att samla in och omsätta den erfarenhet man har fått från moderniseringsprojekten i Finland och konstruktionsanalysprojekten i Sverige.

Kärnkraftbranschen har idag stora krav på ökad effektivitet och hushållning av tillgängliga resurser. Trots det är det viktigt att kunna bibehålla en framförhållning så att långsiktiga och strategiska överväganden tas in i planeringen. Så länge man kan ta tid på sig för de stora arbetena, går det lättare att hantera resurssituationen. Det är viktigt att man i hela branschen kan reservera en del av tiden för sina mest erfarna personer för att ta ställning till långsiktiga frågor. Här är också en internationell dialog viktig.



Samtidigt måste man klara av att bygga upp den kompetens som nästa generation av tekniker behöver för att driva kärnkraftverken under deras återstående livslängd. Några breda internationella forskningsprojekt kan erbjuda ett utmärkt verktyg för detta ändamål.

Kärnkraftens framtid beror av många yttre samverkande faktorer. Bland dessa är den ekonomiska utvecklingen, energiförsörjningens principlösningar, internationella avtal om koldioxidutsläpp och synen på fossila energikällors miljöproblem. Inre faktorer, eller sådana som branschen själv kan påverka, är först och främst ekonomiska och säkerhetsmässiga resultat. Branschen har ett gemensamt intresse att trots en hård intern konkurrens hjälpa dem som klarar sig sämre. Det är i allas intresse att även de som är sämst är tillräckligt bra.<sup>29</sup> Hur det lyckas är igen beroende av hur skickliga personer branschen lyckas attrahera.

**Förkortningar**

ABB Atom	företag som konstruerat och levererat BWR reaktorerna i Finland och Sverige (tidigare Asea Atom)
ANS	American Nuclear Society
ANSI	American Nuclear Standards Institute
ASAR	As operated safety analysis report
ASCOT	Assessment of Safety Culture in Organizations Team
ASME	American Society for Mechanical Engineers
ASSET	Assessment of Safety Significant Events Team
ATWS	Anticipated Transient Without Scram
CCF	Common Cause Failures
CCI	Common Cause Initiators
CK	centralt kontrollrum
CRM	Crew Resource Management
BKAB	Barsebäck Kraft AB, ett företag i Sydkraft-koncernen som driver kärnkraftet i Barsebäck
BWR	boiling water reaktor, kokvattenreaktor
DBA	Design Basis Accident, konstruktionsstyrande haveri
DKV	driftklarverifiering
Erfatom	samarbetsorgan mellan BWR kraftverken för erfarenhetsutbyte
EPRI	Electric Power Research Institute, en organisation som finansieras av kraftföretagen i USA
EU	Europa Unionen
EUR	European Utility Requirements
F1, F2, F3	De tre kärnkraftblocken som drivs av FKA
Filtra	system för filtrerad tryckavlastning av inneslutningen på BWR rektorerna
FKA	Forsmarks Kraftgrupp AB, ett företag i Vattenfall-koncernen som driver kärnkraftet i Forsmark
FN	Förenta Nationerna (United Nations, UN)
FSAR	final safety analysis report
Halden	OECD Halden Reactor Project, ett internationell projekt, som utför forskningsarbete för kärnkraftbranschen inom områdena bränsle, materialteknik och människa-maskin.
IAEA	International Atomic Energy Agency, det under FN underställda organet som övervakar kärnkraftens användning
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electric and Electronics Engineers
IFE	Institutt for Energiteknikk, forskningsinstitution i Norge
INES	International Nuclear Event Scale, ett sätt att klassificera händelser, som har utvecklats av IAEA, så att allmänheten lättare skall förstå hur allvarliga de är
INPO	Institute of Nuclear Power Operations, samabetsorgan mellan kraftföretagen i

	USA
INSAG	International Nuclear Safety Advisory Group (rådgivande organ till IAEA)
IRS	Incident Reporting System (rapporteringsystem som drivs av IAEA och NEA)
ISO	International Standardization Organization
IVO	Imatran Voima Oy, det finländska företaget som driver kärnkraftverket i Lovisa
Krum	Kontrollrumsmodernisering, projekt som drivs i Sydkraftkoncernen
KSU	Kärnsäkerhet och utbildning, företag i Sverige som driver erfarenhetsåterföring och utbildning
KTH	Kungliga tekniska högskolan i Stockholm
kV	kilovolt, spänning
LBB	Leak Before Break
LOCA	Loss Of Coolant Accident
LOFT	Loss of fluid test
Lovisa	stad i Finland
Lo1, Lo2	De två kärnkraftblocken som drivs av IVO
MTO	människa, teknik, organisation
MW <sub>e</sub>	megawatt elektrisk, beteckning på den elektriska uteffekten för ett kraftverk
MW <sub>t</sub>	megawatt termisk, beteckning på den termiska effekten hos en reaktor
NEA	Nuclear Energy Agency, ett organ under OECD som koordinerar utbyte av erfarenhet om kärnkraftens användning mellan OECD-länderna
NFS	Nuclear Fission Safety, forskningsprogram som drivs av EU
NDT	non-destructive testing
NKS	Nordisk Kärnsäkerhetsforskning
NKS/RAK	Strategi för reaktorsäkerhet, projekt i NKS samarbetet under 1994-97
NPT	non proliferation treaty, FN:s icke spridningsavtal för kärnvapen
O1, O2, O3	De tre kärnkraftblocken som drivs av OKG
O11, O12	De två kärnkraftblocken som drivs av TVO
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OH	onormal händelse, rapport som skrivs till SKI
OKG	Oskarshamns Kraftgrupp AB, ett företag i Sydkraft-koncernen som driver kärnkraftet i Oskarshamn
OSART	Operational Safety Review Team
PI	process och instrumentering
PSA	probabilistisk säkerhetsanalys
PWR	pressurised water reactor, tryckvattenreaktor
R1	BWR reaktor som drivs av Vattenfall i Ringhals
R2, R3, R4	de tre PWR reaktorerna som drivs av Vattenfall i Ringhals
Rama	projekt i Sverige som drevs för att utreda åtgärder för svåra haverier
Risø	forskningsinstitution i Danmark
RO	rapportervärd omständighet, rapport som skrivs till SKI när STF överskrids

SA	Statens anläggningsprovning
SS	snabbstopp, rapport som skrivs till SKI efter ett snabbstopp
SSI	Statens strålskyddsinstitut
SKI	Statens kärnkraftinspektion
SKIFS	SKIs författningssamling
SKISOS	ett informellt organ i Sverige som debatterar reaktorsäkerhetsfrågor
STF	säkerhetstekniska föreskrifter
Studsvik	tidigare forskningsinstitution nu företag i Sverige
STUK	Säteilyturvakeskus, dvs. Strålskyddscentralen eller myndigheten i Finland
TMI	Three Mile Island, TMI-2 är kärnkraftverket nära Harrisburg i USA, som 1979 råkade ut för en allvarlig olycka
TVO	Teollisuuden Voima Oy, det finländska företaget som driver kärnkraftverket i Olkiluoto
USNRC	United States Nuclear Regulatory Commission (kärnkraftmyndigheten i USA)
VVER	rysk typ av PWR reaktor
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus, dvs. Statens tekniska forskningscentral i Finland
WANO	World Association for Nuclear Operators
YVL	ydinvoimalaitos (kärnkraftverk), förkortning på de finländska guiderna som berör kärnkraftverken i Finland

### Några definitioner

Administrativa system	de organisatoriska regler man utformar och den praxis man utvecklar för att se till att en tillräcklig säkerhet erhålls
Aktivitet	ett antal uppgifter som har ett antal mål, en ägare, ett antal resurser och en bestämd plats i säkerhetsarbetet
Barriär	ett fysiskt, tekniskt eller administrativt system som ser till att ett definierat hot inte kan realiseras så länge barriären är intakt
Enkelfelskriteriet	en säkerhetsprincip som förutsätter att inget enskilt fel i en komponent eller handhavandefel är ett hot mot säkerheten
Fall	en händelse med dess förhistoria och hur den hanterades hos myndigheter och kraftbolag
Kvalitetsarbete	de aktiviteter som syftar till att definiera tillräcklig kvalitet och se till att denna kan nås i det praktiska arbetet
Modell	en abstrakt beskrivning av en verklighet
Process	den styrning och de aktiviteter som bildar en helhet i hur man ser till att definierade mål nås när man beaktar erfarenheter och ett möjligt behov att omvärdera målen

Säkerhetsprocess	en process som koncentrerar sig på en del av säkerhetsarbetet för att se till att viktiga aktiviteter bidrar på ett balanserat sätt
Säkerhetsprinciper	ett antal principer som när de beaktas säkerställer att övergripande säkerhetskrav blir uppfyllda
Specifikationer	de beskrivningar som tas fram för att definiera hur ett enskilt kärnkraftverk skall konstrueras och byggas
Tekniska system	de fysiska system av vilka ett kraftverk är uppbyggt och som innefattar dels process-, styr- och säkerhetssystem
Validera	en aktivitet som utgående från övergripande mål försöker se till att de lösningar man valt kan uppfylla helhetskraven
Verifiera	en aktivitet som ser till att de lösningar som valts uppfyller de mål man ställt upp
Övergripande krav	de krav samhället ställer på kärnkraftverkens säkerhet och på säkerhetsprocessen innehåll för att de skall kunna accepteras

## Referenser

- <sup>1</sup> NKS (1995). Nordisk kärnsäkerhetsforskning, rapport 1994, NKS(95)1.
- <sup>2</sup> Kjell Andersson (1997). NKS/RAK-1, Strategies for reactor safety, NKS(97)FR1
- <sup>3</sup> Ilona Lindholm, Øivind Berg, Erik Nonbøl (eds.) (1997). NKS/RAK-2, Safety against releases in severe reactor accident, NKS(97)FR2.
- <sup>4</sup> Flemming, Petersen (1996). Atomalder uden kernekraft; forsøget på at inføre atomkraft i Danmark 1954-1985 set i et internationalt perspektiv, KLIM.
- <sup>5</sup> ATS (1991). Atomtekniska sällskapet i Finland 25 år, ATS Ydintekniikka, Vol.20, 3/91.
- <sup>6</sup> Freudenberg, William R. (1988). Perceived risk, real risk: Social science and the art of probabilistic risk assessment, *Science*, Vol.242, 44-49.
- <sup>7</sup> Chauncey Starr (1969). Social benefits versus technological risk; What is our society willing to pay for safety, *Science*, **165**, 1232-1238.
- <sup>8</sup> IAEA (199x). Defence in depth in nuclear safety, INSAG-10, International Atomic Energy Agency, Vienna (under preparation).
- <sup>9</sup> Gerald J.S. Wilde (1982) The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health, *Risk Analysis*, Vol.2, pp.209-225.
- <sup>10</sup> US Nuclear Regulatory Commission (1996). Human -system interface review guideline, NUREG-0700, Rev.1, Vol.1, Vol.2, Vol.3.
- <sup>11</sup> IAEA (1991). Safety culture, INSAG-4, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- <sup>12</sup> O. Hörmander (1994). Säkerhetskulturen i Sydkrafts kärnkraftverksamhet, Kristianstad.
- <sup>13</sup> IAEA (1994). ASCOT Guidelines, TECDOC-743, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- <sup>14</sup> B. Wahlström, P. Haapanen, K. Laakso, U. Pulkkinen (1994). Safety of nuclear power; who learns from whom?, International Federation of Automatic Control, SAFEPROCESS'94, 13-15 June, Espoo, Finland.
- <sup>15</sup> Granskningsrapport angående SKIs handläggning av det skiljandets den 28 juli - 17 september 1992, Avgiven av särskild utredningsman, Mars 1993.
- <sup>16</sup> Commission of inquiry for an international review of Swedish nuclear regulatory activities (1996). Swedish nuclear regulatory activities, Volume 1 - an assessment, Government Official Reports, SOU 1996:73, Volume 2 - descriptions, Government Official Reports, SOU 1996:74.
- <sup>17</sup> G. Brodin (1993). Säkerhets och informationshanteringen inom Vattenfalls kärnkraftproduktion - en granskning.

- <sup>18</sup> BKAB (1995). Säkerhetsgranskning Barsebäckverket 1995, Barsebäck Kraft AB.
- <sup>19</sup> W. Ross Ashby (1960), Design for a brain; the origin of adaptive behaviour (second edition revised), Chapman & Hall Ltd, London.
- <sup>20</sup> Kim, D. (1993). The link between individual and organizational learning, Sloan Management Review, Fall, pp.37-50.
- <sup>21</sup> Christoffer Strandell (1997). Kärnkraftsäkerhetens begrepp och deras relationer; en analysmodell av kärnsäkerhetsarbetets komponenter och innehåll, NKS/RAK-1(97)R2.
- <sup>22</sup> Jens Rasmussen (1979). On the structure of knowledge – a morphology of mental models in a man-machine system context, Risø-M-2192.
- <sup>23</sup> Björn Wahlström, Ralph Nyman, Lasse Reiman (1996). En jämförelse mellan myndighetsarbetet inom kärnsäkerheten i Finland och Sverige, NKS/RAK-1(96)R7.
- <sup>24</sup> Lennart Hammar (1997). Seminarium om granskning för säkerhet och kvalitet; strategi och praxis, NKS/RAK-1(97)R3, 10 Juli.
- <sup>25</sup> Lennart Hammar, Björn Wahlström, Kaisa Simola (1997). NKS/RAK-1.5, Modernisation for Maintaining and Improving Safety at Nordic Nuclear Power Plants; A report from the Nordic Nuclear Safety Programme (NKS), NKS/RAK-1(97)R13.
- <sup>26</sup> IAEA (1995). A common basis for judging the safety of nuclear power plants built to earlier standards, INSAG-8, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- <sup>27</sup> Kerstin Dahlgren (1997). Chasing scapegoats will not aid safety culture, Nuclear Europe Worldscan 9-10/1997, pp.54-55.
- <sup>28</sup> Starbuck, William H., Frances J. Milliken (1988). Challenger: Fine-tuning the odds until something breaks, Journal of Management Studies, 25:4, pp.319-340.
- <sup>29</sup> Joseph V. Rees (1994). Hostages of each other; the transformation of nuclear safety since Three Mile Island, University of Chicago Press.

## **BILAGA A**

## FRÅGELISTA FÖR DISKUSSION PÅ FORSMARK

Föreliggande frågelistan har utarbetats som en del av det samnordiska projektet RAK-1.1 "Kartläggning och värdering av säkerhetsarbetet". Projektets syfte är att kartlägga säkerhetsarbetet, dess omfattning och ändamålsenlighet. För ändamålet studeras speciellt aktiviteterna *säkerhetsanalys* och *erfarenhetsåterföring*. För att konkretisera diskussionerna har vi valt att titta mera i detalj på några *fall*, branden på TVO 1991, de felställda säkerhetsventilerna på Ringhals och moderniseringen av Oskarshamn 1. Forsmark är med i projektet för att ge bakgrundsinformation till det vidare arbetet. I diskussionerna avses att speciellt kartlägga de ställen där praxis skiljer sig mellan Finland och Sverige och mellan de olika stationerna. Där sådana skillnader föreligger vore det speciellt viktigt att få en uppfattning om det historiska skeendet, som ligger bakom den praxis som uppstått. Avsikten är att i rapporteringen av projektet dels beskriva säkerhetsarbetet hur det görs och dels ta ställning till den praxis som används.

Frågorna nedanför är avsedda att initiera en diskussion. Frågorna skall inte fattas alltför begränsade, utan meningen är att vi skall kunna spinna vidare på frågeställningar som verkar intressanta. Fyll gärna in svar och kommentarer i marginalerna så blir det mera tid att prata när vi träffas.

### 1. Några frågor om Forsmark

Forsmark var den andra platsen där Vattenfall byggde kärnkraftverk. Man byggde sedan ytterligare ut, så att det tredje blocket representerar den senaste generationen av ABB:s reaktorer. Forsmark är en del av Vattenfallkoncernen, men man är till skillnad från Ringhals ett skilt bolag.

- 1.1 Hur har man i allmänhet tyckt att åren gått? Vilka har varit de största problemen och var har man klarat sig speciellt bra? Har man i Forsmark haft yttre förändringar? Hur ser man på framtiden?
- 1.2 Kontakten till Vattenfall förmedlas via FKABs styrelse. Hur har denna kontakt utvecklats under åren? Vad har varit bra och vad har varit mindre bra? Hur mycket har olika policyinstrument, som koncernledningen tagit fram påverkat det man gör? Hur mycket arbete beställer man från Råcksta?



- 1.3 Vilka kontakter har man till de andra kärnkraftverken i Sverige och till TVO? Hur skiljer sig organisationskulturen i Forsmark från de andra kärnkraftverken? Gör man en insats för att få till stånd ett ökat erfarenhetsutbyte?
- 1.4 Man har skrivit en lednings- och kvalitetshandbok där bl.a. man beskriver befogenhet och ansvar. Hur skiljer sig systemet från de man använder på de andra kärnkraftverken? Har man varit nöjd med systemet? Vilka utvecklingsbehov finns fortfarande kvar?
- 1.5 På många kärnkraftverk har man ändrat organisationen till ett system där man beställer och leverera interna tjänster. Hur har man gjort på Forsmark? Hur har man fått systemen att fungera?
- 1.6 Vilken är Vattenfalls profil mot Sydkraft? Har konkurrensen hårdnat? Har man klarat av att samarbeta inom kärnkraftsäkerhetsområdet?
- 1.7 Avvecklingsbeslutet för kärnkraften i Sverige är fortfarande i kraft. Hur har den politiska diskussionen speglats på Forsmark? Har man deltagit aktivt? Hur har kontakterna till lokalbefolkningen fungerat? Har det svenska avvecklingsbeslutet haft ett inflytande på de personalomsättningen? Har det varit svårt att få nya personer till Forsmark? Vilken betydelse tror Du att beslutet har på kärnkraftsäkerheten i Sverige?

## 2. Säkerhetsanalys

Med säkerhetsanalys menas här den aktivitet som utförs för att bedöma hur säkert ett kraftverk är och som samtidigt används för att identifiera olika behov till förbättringar. Säkerhetsanalys ses således som något mera än endast en PSA. Vi innefattar här således även den granskning av säkerhetsanalysen, som säkerställer att den uppfyller rimliga krav.

- 2.1 Säkerhetsanalysen är ett av de viktigaste instrumenten i säkerhetsarbetet. I arbetet talar man om FSAR och en PSA som förts till nivåerna 1, 2 eller 3. Var står man i Forsmark för de olika blocken? Hur är säkerhetsanalysen dokumenterad? Vilken återkoppling har SKI gett?

- 2.2 Behandlingen av en säkerhetsanalys förutsätter ett brett erfarenhetsområde. Hur mycket gör Forsmark och hur mycket beställs från Vattenfall i Råcksta? Hur mycket utnyttjar man konsulter? Hur ser man till att man har den erfarenhet som behövs? Vilka sifferresultat har man erhållit? Vilka behov ser man för vidareutveckling?
- 2.3 En förutsättning för att en säkerhetsanalys skall vara tillförlitlig är att anläggningen är riktigt avbildad. Detta kan säkerställas endast genom att man har en anläggningsspecifik säkerhetsanalys och genom att man i tillräcklig grad tillför den erfarenhet man får under driften. Har man använt något slag av kvalitetskontroll?
- 2.4 En viktig komponent i säkerhetsanalysen är att den uppdateras samtidigt med ändringar i anläggningen. Det är visserligen praktiskt att göra en uppdatering för att ta med flere ändringar på en gång. Vilken praxis har man haft på Forsmark? Hur har tidigare uppdateringar initierats?
- 2.5 En säkerhetsanalys kan användas även för andra ändamål. En naturlig användning är att analysera olika förslag till förbättringar. Dessutom kan man dra nytta av analyserna för utbildningsändamål, planering av underhåll, analys av informationsbehov, uppdatering av instruktioner, osv. Har man kunnat dra en sådan nytta av säkerhetsanalyserna? Vilka konkreta exempel har man? Har man gett återkoppling från riskanalysen t.ex. genom sekvenser och data som man har använt till personalen för att illustrera möjliga felhandlingar som kan ha katastrofala följder? Har sekvenserna i säkerhetsanalysen använts som exempel för att illustrera säkerhetskultur?
- 2.6 En viktig del av säkerhetsanalysen är kopplad till mänskligt felhandlande. Man försöker i sekvenserna att ge kvantitativa uppskattningar på olika typer av felhandlingar. Hur har mänskligt felhandlande avbildats i säkerhetsanalyserna? Hur har man samlat data för denna kvantifiering? Har man gett återkoppling från säkerhetsanalysen till personerna på fältet?
- 2.7 Vilken personinsats har behövts för att genomföra säkerhetsanalyserna? Hur kommer de att leva vidare? Vilken insats beräknar man behöva i framtiden?

### **3. Erfarenhetsåterföring**

Med erfarenhetsåterföring menas i detta sammanhang alla de aktiviteter, som ser till att

man kan dra tillräcklig lärdom av inträffade händelser och annan drifterfarenhet. I erfarenhetsåterföringen inbegrips således rapporteringen av händelser, analysen av dem och hanteringen av rekommendationerna de föranlett.

- 3.1 Kraftbolagen är ålagda att rapportera även relativt obetydliga händelser. Detta är naturligtvis bra. Hur väl har man lyckats formulera kriterierna för vad som bör rapporteras? Vilken analysväg får rapporter innan de går till SKI? Hur mycket har man på Forsmark följt med vad som händer på andra stationer?
- 3.2 Problemet med rapporteringen är att man antingen får för många (för obetydliga) eller för få (missar viktiga) rapporter. Hur skulle Du bedöma att man lyckats? Hur borde man göra för att hitta en lämplig rapporteringsnivå? Hur skall man prioritera rapporterna för en djupare analys? Hur ser man till att man inte gör onödigt dubbelarbete i att analysera oviktiga rapporter? Hur mycket arbete köper man in?
- 3.3 Ett problem i rapporteringen är att se till att rapporterna faktiskt skrivs på ett överenskommet sätt. Vissa detaljer kanske kan tyckas onödiga att rapportera, men brister i rapportering indikerar inte bara brister i säkerhetskulturen, utan kan också leda till att något viktigt inte blir uppmärksammat. Hur kan man vara säker på att man faktiskt får in rapporter på allt som är värt att rapportera? Är rapporterna tillräckligt noggranna? Hur stort spill kan man anta att man har idag? Har man något slag av anonym rapportering? Det bör också finnas en möjlighet för alla att gå förbi förmän i linjeorganisationen och appellera till högsta nivå om man har något viktigt att berätta. Hur har detta organiserats? Finns det exempel på att detta sätt att "blåsa i visselpipan" har använts?
- 3.4 Analysen av en händelse är en viktig del av erfarenhetsåterföringen. Man måste se till att man kan fråga *varför* tillräckligt många gånger inom ett brett erfarenhetsfält. IAEA talar om en grundorsaksanalys och i Sverige talar man ofta om en MTO-analys. Ser man någon skillnad på dessa analyser? Hur ser man till att analysen går tillräckligt djupt in i problemställningarna? Hur ser man till att analyserna är insiktsfulla och speglar relevant kunskap? När gör man en grundorsaks- respektive MTO-analys? Vem bestämmer att en sådan skall göras? Hur samlar man in bakgrundsinformation och vem gör själva analysen?
- 3.5 Erfarenheten från händelser skall inte endast påverka den egna verksamheten, utan den skall möjligast brett kunna utnyttjas av andra. Man skall försäkra sig om att erfarenheten utnyttjas när nya myndighetskrav ställes. Hur ser man på Forsmark

till att erfarenheten inom ett block används av de andra blocken, inom Vattenfall, i Sverige och internationellt. Har man exempel från Forsmark, där arbete man gjort påverkat andra och SKI i synnerhet?

- 3.6 En viktig komponent i erfarenhetsåterföringen är att det brister man upptäckt faktiskt rättas till. Den erfarenhet man samlar leder ofta till ändringar. Hur har denna del av erfarenhetsåterföringen ordnats i Forsmark? Vilka analyser gör man förrän man bestämmer om vad man skall ändra? Hur försäkras man sig om att dokumenteringen också blir ändrad? Hur försäkras man sig att en viktig sak hålls på dagordningen ända tills den blivit löst? Hur följer myndigheten upp kraftbolagens åtgärder?
- 3.7 En viktig komponent i erfarenhetsåterföringen är att kunna lära sig även av andras misstag. De internationella organisationerna har upprättat aktiviteter för att samla in händelser och förmedla dem till andra. Vilka exempel kommer Du ihåg av andras händelser som man speciellt lärt sig av? Hur ser man till att man hittar de exempel man själv kunde lära sig av?
- 3.8 Kommunikation är en viktig komponent när en organisation tar hand om erfarenhet. Ett sätt att säkerställa en tillräcklig kommunikation mellan över- och underordnad är att se till att något slag av utvecklingssamtal genomförs. Används sådana? Är dessa strikt begränsade till organisationens egna problem eller behandlar man också problem som har en säkerhetsmässig betydelse?
- 3.9 Ny erfarenhet bör föras till driften och underhållet. Hur gör man det? Använder man sig av händelserna som exempel vid internutbildningen?
- 3.10 Erfarenhetsåterföringen är en viktig aktivitet. Har man formulerat något slag av målsättning för aktiviteten? Hur kan man säkra kvaliteten på denna verksamheten? Har man något slag av auditeringsverksamhet? Har man något program för självvärdering? Hur ofta görs sådana mönstringar?
- 3.11 Hur satsar man årligen på erfarenhetsåterföringen? Vilken framtid ser man för sig? Kommer man att sätta mindre, lika mycket eller mera resurser på aktiviteten?

#### 4. Branden på TVO

Branden i 6 kV ställverket den 12.4.1991 på TVO 2 slog ut den yttre elförsörjningen på stationen för ungefär 8 timmar. Under denna tid matades stationen av sina fyra dieslar. Händelsen var allvarlig, men hanterades till alla sina delar föredömligt. Frågorna i detta sammanhang syftar inte till att utreda den tekniska bakgrunden för händelsen, utan försöker istället på vilket sätt informationsutbytet mellan två kraftbolag sköts när något allvarligt har hänt.

- 4.1 När fick man veta om händelsen? När hade man bildat sig en uppfattning av hur Forsmark skulle klara av en motsvarande brand? Forsmark var tydligen bättre rustad att möta en sådan händelse. Vilken kan orsaken vara?
- 4.2 Hur ser man i allmänhet på risker som är kopplade till brand och fel i elutrustning? Har händelsen förorsakat ändringar i hur man hanterar säkerheten inom Forsmark?

#### 5. Felställda ångventiler på Ringhals

De felställda säkerhetsventilerna på Ringhals tryckvattenblock är anmärkningsvärda, genom att tydligen många ventiler har varit felställda under en lång tid. Händelsen är inte direkt tillämpbar på blocken i Forsmark, men den innehåller dock en del generiska komponenter som kan vara av intresse.

- 5.1 Man hade tydligen på Ringhals haft en möjlighet att upptäcka problemet redan i början av 80-talet, men man reagerade inte då för att ventilerna inte öppnade. Det var också mera av en slump att man efter reaktorsnabbstoppet i oktober 1994 först i december märkte att säkerhetsventilerna borde ha öppnat. När man råkade ut för en transient så bör den analyseras i detalj för hur olika delsystem svarade på transienten. Vilka rutiner har man på Forsmark? Kunde man möjligen tänka sig att man skulle kunna missa på ett liknande sätt?
- 5.2 Händelsen indikerar en brist som tydligen går tillbaka till konstruktionsfasen och hur man hanterat tryckhållande komponenter. Har man haft motsvarande behov att gå tillbaka till konstruktionsförutsättningarna? Hur har man lyckats och hur vältäckande är arbetet?
- 5.3 Kalibrering av givare och instrument är en viktig aktivitet, som har visat sig kunna förorsaka fel med gemensam orsak. Detta var ett av problemen i Ringhals. Har

man inom Forsmark gjort något ansats för att se på kalibreringsverksamheten? Hur upprätthåller stationerna sin spårbarhet till nationella mätnormaler? Hur ofta kalibreras givare och instrument? Vilket slag av uppföljning har stationerna när de kalibrerar sina egna instrument?

## 6. Fenix-projektet (moderniseringen av O1)

Man var nere för att korrigera sprickor i vissa rör när Barsebäckshändelsen inträffade. Man insåg då att avställningen skulle kunna bli ganska lång och man tog därför tillfället i akt för att inspektera tryckhållande delar i en större omfattning än man från början hade tänkt. Då upptäcktes ytterligare sprickor. När man mera i detalj efter Barsebäckshändelsen gick tillbaka till de ursprungliga konstruktionsförutsättningar för O1 upptäckte man att interna blåsvägar i byggnaden tydligen varit underdimensionerade. Alla dessa problem sammantagna gjorde att man insåg att en betydligt större satsning behövdes för att få O1 i skick. I Fenix-projektet ingår många komponenter och i detta sammanhang är inte avsikten att gå genom alla dessa, utan mera att se på hur ett större modifieringsarbete kräver av säkerhets-arbetet.

- 6.1 Hur mycket har man på Forsmark följt med Fenix-projektet? Varifrån har man fått den information man har, ABB, OKG eller SKI?
- 6.2 Vilka planer har man på Forsmark för att modernisera blocken? Har man redan informerat SKI om planerna? Vilken återkoppling har man fått?
- 6.3 Hur noga har man följt med moderniseringsarbetet på TVO?
- 6.4 En del av de erfarenheter man fick från silhändelsen 1992 är att man inte alltid kan vara säker på att konstruktionsförutsättningarna och den konstruktion man fått är ändamålsenlig. Detta har också lett till att man startat stora projekt på de andra stationerna såsom BOKA och REDA. Vilka kontakter har man på Forsmark till detta arbete? Hur ser man idag på behovet att återgenerera konstruktionsförutsättningarna för enheterna i Forsmark?
- 6.5 Kraven man ställer på en gammal anläggning kan inte ligga på samma nivå som på en ny anläggning. Samtidigt bör man inte slå sig till ro med att anläggningen en gång byggts och godkänts. Hur borde man hantera kraven för de äldre stationerna

så att man erhåller en rimlig kravbild? Finns det något praktiskt sätt att för de gamla stationerna förhålla sig till nya krav?

## 7. Några slutliga frågor

Tack för Ditt intresse så långt. Några filosofiska frågor om säkerhetsarbetet i allmänhet och kontakterna till myndigheten avslutar detta frågeformulär.

- 7.1 Det är mycket man måste se till att fungerar. Hur har man på Forsmark klarat av att upprätthålla nödvändigt kunnande på stationen? Hur tänker man i framtiden fördela arbetet? I vilken utsträckning måste man satsa på egna resurser och hur mycket kan man köpa in utifrån? Vilka fördelar eller nackdelar ser man de olika sätten att arbeta?
- 7.2 Ansvaret för säkerheten ligger naturligtvis hos kraftbolagen. Detta betyder inte att SKI skall ta avstånd från beslut om säkerhet. Hur fungerar samspelet med SKI? Finns det något man skulle vilja ändra på? Man kan ibland se att personer på kraftverken använder sig av "myndighetskortet" när man vill ha stöd för sina synpunkter. Har man varit medveten om en sådan risk? Vad har man gjort för att motarbeta ett sådant handlande? Har något sådant förekommit i Forsmark?
- 7.3 Elförsörjningen håller på och avregleras. Man har också bolagiserat i en stor utsträckning. Vilken inverkan av dessa förändringar har man sett? Hur ser framtiden ut? Kan man vänta sig att få en hårdare konkurrens på kärnkraftsidan? Hur går det då med säkerheten?
- 7.4 Hur kunde man enligt Din uppfattning bäst utveckla kärnkraftverkens säkerhet? Hinner man med all man borde göra? Använder man resurserna rätt? Vad kunde man kanske minska på och vad borde man öka på?
- 7.5 Vilka problem ser Du i kravet att förbättra kärnkraftens säkerhet och hur föreställer Du Dig att Du kan bidra till denna utveckling? Vad är Ni speciellt stolta över och var är Ni skickligare än de andra stationerna?