



Nordisk kernesikkerhedsforskning
Norrænar kjarnöryggisrannsóknir
Pohjoismainen ydinturvallisuustutkimus
Nordisk kjernesikkerhetsforskning
Nordisk kärnsäkerhetsforskning
Nordic nuclear safety research

NKS-68

ISBN 87-7893-123-1

**Final Summary Report of
the Nordic Nuclear Safety
Research Program
1998 – 2001**

Torkel Bennerstedt (Ed.)
NKS, Nordic Nuclear Safety Research

November 2002

Nordic Nuclear Safety Research (NKS)

organizes joint four-year research programs involving some 300 Nordic scientists and dozens of central authorities, nuclear facilities and other concerned organizations in five countries. The aim is to produce practical, easy-to-use reference material for decision makers and help achieve a better popular understanding of nuclear issues.

To that end the results of the sixth four-year NKS program (1998 - 2001) are herewith presented in a series of final reports comprising reactor safety, radioactive waste management, emergency preparedness, radioecology, and databases on nuclear threats in Nordic surroundings. Each report summarizes the main work, findings and conclusions of the six projects carried out during that period. The administrative support and coordination work is presented in a separate report. A special Summary Report, with a brief résumé of all projects, is also published. Additional copies of the reports on the individual projects as well as the administrative work and the Summary Report can be ordered free of charge from the NKS Secretariat.

The final reports - together with technical reports and other material from the 1998 - 2001 period - will be collected on a CD-ROM, also available free of charge from the NKS Secretariat.

During the last few years a growing interest has been noted among sister organizations in the three Baltic States, especially in the field of emergency preparedness, radiation protection and radioecology. This has widened the scope of our joint Nordic work and fed new influences and valuable competence into the NKS program. The Baltic participation is therefore gratefully acknowledged.

NKS-68
ISBN 87-7893-123-1

klæbel's offset tryk a-s, 2003

The report can be obtained from
NKS Secretariat
P.O. Box 30
DK – 4000 Roskilde
Denmark

Phone +45 4677 4045
Fax +45 4677 4046
www.nks.org
e-mail: nks@catscience.dk

NKS-68
ISBN 87-7893-123-1

Final Summary Report of the Nordic Nuclear Safety Research Program

1998 – 2001

Sammanfattning av det nordiska forsknings- programmet för kärnsäkerhet

Torkel Bennerstedt (Ed.)

NKS, Nordic Nuclear Safety Research

November 2002

This is NKS

NKS (Nordic Nuclear Safety Research) is a scientific cooperation program in nuclear safety, radiation protection and emergency preparedness. It is a virtual organization, serving as an umbrella for joint Nordic initiatives and interests. Its purpose is to carry out cost-effective Nordic projects producing seminars, exercises, reports, manuals, recommendations, and other types of reference material. This material, often in electronic form on the official homepage www.nks.org or CD-ROMs, is to serve decision-makers and other concerned staff members at authorities, research establishments and enterprises in the nuclear field.

A total of six projects were carried out during the sixth four-year NKS program 1998 - 2001, covering reactor safety, radioactive waste, emergency preparedness, and radioecology. This included an interdisciplinary study on nuclear threats in Nordic surroundings. Only projects of particular interest to end-users and financing organizations have been considered, and the results are intended to be practical, useful and directly applicable. The main financing organizations are:

- The Danish Emergency Management Agency
- The Finnish Ministry for Trade and Industry
- The Icelandic Radiation Protection Institute
- The Norwegian Radiation Protection Authority
- The Swedish Nuclear Power Inspectorate and the Swedish Radiation Protection Authority

Additional financial support has been received from the following organizations:

In Finland: Fortum (formerly Imatran Voima, IVO); Teollisuuden Voima Oy (TVO)

In Sweden: Sydkraft AB; Vattenfall AB; Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. (SKB); Nuclear Training and Safety Center (KSU)

To this should be added contributions in kind by all the organizations listed above and a large number of other dedicated organizations.

NKS expresses its sincere thanks to all financing and participating organizations, the project leaders, and all participants, all in all some 300 persons in five Nordic countries and the Baltic States, without which the NKS program and this report would not have been possible.

Disclaimer

The views expressed in this document remain the responsibility of the author(s) and do not necessarily reflect those of NKS.

In particular, neither NKS nor any other organization or body supporting NKS activities can be held responsible for the material presented in this report.

Abstract

The results of the 1998 - 2001 NKS program are presented in the form of executive summaries, highlighting the conclusions, recommendations and other findings and results of the six projects carried out during that period.

Key words

Atmospheric transport; base of knowledge; beta measurement; calibration; caesium; clearance; condition monitoring; criticality analysis; data analysis; decision criteria; deposition; emergency plan; emergency response; Environmental Impact Assessment; exemption level; food chain; gamma spectrometric measurement; gamma spectroscopy; health effect; HRA; human factors; hydrogen; ICP-MS; intercalibration; interlaboratory comparisons; intermediate storage; internal dose; iodine; literature database; maintenance; mass spectrometry; mobile measurements; neutron activity analysis; nuclear exercise; nuclear safety; nuclear threat; PSA; quality assurance; quality systems; radiation monitoring; radioactive material; radioactive source; radioactive waste; radioactive tracer; radioactivity; radioecology; radionuclide; reactor safety; recriticality; remedial action; risk assessment; risk communication; risk-informed decision-making; safety analysis; safety culture; safety indicator; sediment; severe accident; strontium; technetium; transparency; uncertainty; UNSCEAR; vulnerability; waste disposal; waste management; web-accessed information; whole-body counting

Table of contents

This is NKS	iii
Disclaimer	iv
Abstract.....	iv
Key words	iv
Introduction.....	1
Summaries	3
SOS-1: Risk Assessment and Strategies for Safety	5
SOS-2: Reactor Safety	9
SOS-3: Radioactive Waste.....	15
BOK-1: Nuclear Emergency Preparedness.....	19
BOK-2: Radiological and Environmental Consequences	23
SBA-1: Nuclear Threats in Nordic Surroundings	27
Sammenfatninger	29
SOS-1: Riskvärdering och strategier för säkerhet.....	31
SOS-2: Reaktorsäkerhet.....	35
SOS-3: Radioaktivt avfall.....	41
BOK-1: Nukleart beredskab.....	45
BOK-2: Radiologiske og miljømæssige konsekvenser.....	49
SBA-1: Trusselbildet fra nukleære installasjoner i Nordens nærområder ..	53

Introduction

The sixth four-year program of NKS was carried out in 1998 – 2001. This is a collection of executive summaries of all final reports from the six projects, in English and Scandinavian languages. The six projects covered the areas risk and safety assessments; reactor safety; radioactive waste; emergency preparedness; radioecology; and nuclear threats. The scientific program was supported by an administrative project.

The six scientific projects were:

SOS-1	Risk Assessment and Strategies for Safety
SOS-2	Reactor Safety
SOS-3	Radioactive Waste Management
BOK-1	Nuclear Emergency Preparedness
BOK-2	Radiological and Environmental Consequences
SBA-1	Nuclear Threats in Nordic Surroundings

For the full text, the reader is referred to reprints of the six final reports; a CD-ROM presenting the six final reports as well as other material from that period; and the official NKS homepage, www.nks.org. Reprints and the CD-ROM can be ordered free of charge from the NKS Secretariat at nks@catscience.dk.

**Nordic Nuclear Safety Research
Program 1998 – 2001**

Summaries

SOS-1: Risk Assessment and Strategies for Safety

Project leader: Kjell Andersson, Karinta-Konsult

The SOS-1 project has highlighted current developments within the nuclear energy area on a broad basis. It has taken the view that safety essentially should be understood as awareness among those concerned in regard of the control of risk. This means that safety can not be said to be fully provided for until it has been communicated, implemented and well understood. There is thus a close connection between risk communication both within (and between) the experts groups, and between them and concerned citizens.

The project has made an attempt to describe nuclear safety with a broad spectrum of perspectives. This has been done with a variety of methods, such as questionnaires, interviews, seminars, special research projects and focus group discussions. Mostly people actively working with nuclear safety (in industry, regulatory bodies, universities and consultant companies) were involved. Parts of the project have also approached lay people, but with some connection to nuclear safety. In a broad sense, the project has been devoted firstly to how one can organize for safety and secondly how risk communication can be improved.

Three elements in the safety work

Experience from high reliability organisations has brought many insights in how to organise for safety, but has also demonstrated various mechanisms, which may introduce hidden deficiencies in the safety activities. The challenge is to detect and correct such deficiencies before the risk is realised. Three key concepts for this, which have been subject to special attention in the project, is safety culture, safety indicators and quality systems.

The concept of *safety culture*, that emerged after the Chernobyl accident, has a considerable impact on the nuclear safety work, even if it may be hard, or probably impossible, to define it so that it can be measured. The interpretation of the concept as the ability of an organisation to create safety by knowledge and involvement seems constructive and inspiring. A special aspect of the concept concerns the regulatory authorities, since for them it has a two-fold purpose. They have to review the safety culture at the utilities at the same time, as they in their own work need commitment and responsibility to develop and maintain a safety culture appropriate for a regulator.

The safety culture must continuously be encouraged and stimulated by management, especially since it can be exposed to negative pressure from both inside and outside factors. Many see the deregulation as a potential threat for the

safety culture and others have mentioned the difficulty of attracting young professionals to the nuclear area.

Even if the concept of safety culture can not be accurately defined, it is connected to the concept of *safety indicators*, which is used to reflect the safety of a nuclear facility. The indicators should also be able to provide warnings that future performance might be in danger. Furthermore, safety indicators should reflect a development over time to make a judgement if present development is for the better or for the worse. There are many benefits with the use of indicators, but they need to be reviewed and changed regularly to better reflect the goals of the organisation.

The concept of *quality systems* has also been subject to special interest in SOS-1. On a generic level it can be seen to contain documentation of an agreed quality together with a description of how that quality is reached. It seems clear that the quality systems have an important task of ensuring a systematic knowledge sharing and learning.

How to improve risk communication

It can well be said that the nuclear waste area is a forerunner in developing methods and frameworks for transparency and public participation, which have also been applied e.g. in the site selection process. The Environment Impact Assessment has been an “umbrella process” for this both in Sweden and Finland, within which many new and innovative initiatives have taken place. It is believed that some of the methods developed could set examples not just within the nuclear sector, but also for other complex areas such as biotechnology. The report suggests some elements in a strategy for risk communication:

- The overall attitude (among decision-makers, industry regulators etc) must become more communicative, with the point of departure that decisions on nuclear power, siting of repositories etc are grounded in public values
- The nuclear waste issues (as well as the investigations for a fifth reactor in Finland) have shown that communication can be based on an all-covering process (“umbrella process”) such as EIA or Strategic Environmental Assessment (SEA)
- Within the umbrella process there is room for testing many kinds of means such as different forms of hearings, consensus conferences etc
- There is room for the regulatory bodies to play an active role in this communication

- One should not underestimate “the public”, which also possesses various areas of expertise. The experiences in Oskarshamn show that laypeople (non-professionals in nuclear safety such as politicians, civil servants, students etc) can develop capacity for “stretching” and challenging the industry implementer.
- The concept of “stretching” has become very useful for understanding how transparency can be achieved. Enhancing the stretching capacity of lay people also in the nuclear reactor area would be good also for the utilities. In Sweden, this may be possible with the local safety councils.

The safety analysis is at the core of risk assessment for decision-making both in reactor safety and for waste disposal. One key element in the improvement of risk communication is thus the development of more communicative ways for safety analysis and performance assessment.

SOS-2: Reactor Safety

Project leader: Kaisa Simola, VTT Industrial Systems

The project on reactor safety in the NKS programme focused on certain safety-related topics that were identified to be of common interest within the Nordic nuclear community, and that were not covered by other international research projects.

The project was realised in three sub-projects, each of them consisting of several tasks and research topics. These sub-projects were:

- SOS-2.1 Safety development: The sub-project concentrated on the problems related to risk-informed decision making, especially on the uncertainties and incompleteness of probabilistic safety assessments (PSA) and their impact on the possibilities to use the PSA results in decision making.

- SOS-2.2 Management of plant maintenance and renewal: One aim of this sub-project was to promote the analyses of human and organisational factors in maintenance. Another aim was to enhance understanding related to maintenance management.

- SOS-2.3 Severe accidents: This sub-project concentrated phenomenological studies of hydrogen combustion, formation of organic iodine, and core recriticality due to molten core concrete interactions in the lower head of reactor vessel. Also the current status of research and management of severe accidents in Nordic countries was reviewed.

The main activities and findings of the sub-projects are shortly described in this summary.

Risk-informed decision making

Three studies related to uncertainties and incompletenesses of probabilistic safety assessments were conducted in sub-project SOS-2.1. The focus was on the comparison of two PSAs, communication of uncertainties, and study of active human errors and their role in PSAs. Risk-informed decision making was addressed in sub-project SOS-2.1 by arranging a Nordic seminar to review the status of risk-informed applications and by conducting some case studies.

A comparative study of two PSAs of nearly identical nuclear power units, but with significantly different results, was conducted. The aim was to identify, clarify and explain the differences between PSA-studies, and to give recommendations for the comparison of PSA-studies. The impact of assumptions and uncertainties on the

results was evaluated. The study resulted in recommendations concerning the documentation of PSAs. A need for harmonisation of certain parts of the studies also arose.

A second study highlighted the need for structured analysis and presentation of uncertainties to facilitate the communication between different experts and authorities. The adoption of risk-informed decision making principles sets requirements for uncertainty analyses and their documentation, since it is important to be aware of the assumptions made in the analyses. To improve the communication between the various parties involved in the analyses of phenomena and the decision-makers, a study attempting to present a view upon uncertainty analysis of physical models was conducted. The emphasis was on the identification and documentation of various types of uncertainties and assumptions in the modelling of the phenomena.

A study on active human errors, also known as commission errors, was conducted. The study covered initially control room activities, maintenance, surveillance testing and outage management, i.e., no human activities in nuclear power plants were left outside its scope. The priority was laid on scanning the problem area and on forming interdisciplinary views about the principles of commission error analysis. According to the study, a significant number of events were due to human actions outside the control room, which should be reflected in the PSA models.

A review on decision criteria was done and the principles for evaluating the criteria were identified. The need for probabilistic decision rules or criteria has arisen, but there are many practical and theoretical problems in the application. The decision alternatives can not always be modelled in the same degree of detail. Thus, the decision criteria have to be selected or applied in a context sensitive way. The use of the criteria in the decision problem must be justified and evaluated.

A pilot-study was conducted to develop a safety classification proposal based on risks for selected equipment of a nuclear power plant. The application plant in this case was the Loviisa NPP, Unit 1. Comparisons to original safety classifications and technical specifications were made. The analyses showed a wide range of importances within all safety classes.

As the risk-informed in-service inspection applications have become increasingly attractive, the quantitative estimation of pipe break frequencies has become an interesting topic. It is recognised that pipe break frequencies calculated with fracture mechanistic models and those estimated from the operating experience may lead to quite different results. A comparative analysis of pipe failure probabilities due to stress corrosion cracking based on two alternative analysis methods was performed. The main reasons for the differences in the numerical results were analysed, and the applicability and restrictions of the approaches were discussed.

Quality and management of maintenance

Sub-project SOS-2.2 addressed the quality of maintenance work by considering the role of human errors in maintenance with respect to operability and safety. In Finland, systematic and in-depth analysis of operating experience of human errors related to maintenance was started during the previous NKS-programme and continued during this one.

The human common cause failure analyses at Finnish power plants show that the maintenance work order data is helpful in the identification and analyses of human failure events in relation to the maintenance activities. These events include failures in the verification of operability before the work is ready, and in the planning needed prior to the execution of the maintenance or modification work in the plant. A structured classification and analysis facilitate the identification of failed barriers and the error mechanisms that have penetrated the barriers and remained hidden in the system for longer periods. An appropriate classification, in-depth analysis and statistical treatment of maintenance-related errors also provide valuable information for the focusing of e.g. psychological studies on the most relevant aspects in maintenance and operability activities.

A review of the research needs in the area of human factors in maintenance in Sweden was done by interviewing both the authority, SKI, and the utilities. The interviews gave an overview of the completed, ongoing and planned research and development work related to human factor problems in maintenance. The needs for future research and development projects identified by the plant personnel and SKI were classified and summarised.

The management of maintenance was considered in SOS-2.2. Also a review on transformer failures and maintenance was included, since transformers are crucial equipment from the point of view of availability. Transformer explosions are also a risk. The report gives recommendations on condition monitoring of the transformer isolation and oil.

A discussion and working group on maintenance decisions was established within the NKS framework. The group consisted of representatives from power plants. Exchange of information was carried out in order to compare and identify good practices, especially to assure economically competitive electricity production without decreasing reactor safety. As an example, maintenance strategy classifications for ranking the maintenance items for better allocation of condition-based, preventive or corrective maintenance at various plants were discussed and clarified. The ways to measure the outcome and effectiveness of maintenance based on the analysis of experience data were compared.

A survey on the management of condition monitoring information was conducted by interviews at several Nordic power plants. Predictive maintenance strives to prevent the failure of the component by utilising condition monitoring and different

information systems for maintenance steering. The interviews and plant visits show that the maintenance strategies are only rather slowly shifting towards condition-based maintenance despite extensive condition monitoring methods and equipment acquired for the plants.

Severe accidents

Severe accident research in SOS-2.3 consisted of a review of the current status of research and management of severe accidents in the Nordic countries. The phenomenological studies focused on hydrogen scenarios and formation of organic iodine. In addition, a study on recriticality of a BWR core after molten core concrete interactions in the lower head was conducted.

A scenario of hydrogen detonation in a BWR reactor building was investigated in order to evaluate the integrity of containment in case of detonation loads from the outside. During a severe accident, significant release of hydrogen into containment can occur and a hydrogen leak from the containment into the surrounding reactor-building rooms cannot be ruled out. The study consisted of analyses of detonations based on earlier calculations of hydrogen concentrations, and of structural calculations.

A study was conducted to investigate the most important accident sequences concerning hydrogen generation and containment pressure at hydrogen deflagration in Ringhals 3 PWR. The focus was on the analysis of sequences with reflooding of the damaged core, and detailed analyses of the hydrogen production and containment pressure were performed for the most important sequences.

The formation and behaviour of organic iodine was addressed by literature reviews and small scale experiments. The work aimed at creating an understanding of the underlying chemistry and performing small-scale experimental work. Two literature surveys were conducted within the project; one to review the methods of preventing a source term of methyl iodide during a core melt accident and another to gather valuable information on the behaviour of methyl iodide in the gas phase during a severe accident.

In the experimental studies, the dependence of the formation of organic iodine on the pH of the filter solution was verified. Experiments with painted surfaces simulated the formation of organic iodine in an accident situation in the Loviisa reactor. The third experiment investigated the possibility to trap iodine by silver nanoparticles. These particles absorbed efficiently elemental iodine, but the results with methyl iodide were not as good.

A study was conducted to determine the potential for recriticality of the degraded core of a BWR. In the analysed scenario, a large amount of melt enters the lower head resulting in a melt-water interaction. A steam explosion or a strong evaporation in the lower plenum may push a water slug into the downcomer and

core regions, which may lead to a prompt power excursion, that in turn may fragment the fuel pins.

Concluding remarks

It can be stated that the need for interdisciplinary work seems to be increasing along with the growing use of risk-informed regulation and plant management. This sets growing demands on the understanding between various experts is, since in decision making situations the expertise of several parties has to be combined in a coherent way. The limitations of the PSA model have to be identified and evaluated in all applications where it is used as an aid for decision making.

Maintenance management has not traditionally been considered a reactor safety research issue. However, lately the importance of human and organisational factors in maintenance work has received growing attention, and further research needs were identified also within this project.

The deregulated electricity market has forced the utilities to identify cost savings, e.g. in maintenance actions. However, this should be achieved without compromising plant safety. Procedures, such as reliability-centred maintenance and risk-informed in-service inspections are aimed at optimising the maintenance by taking into account the reliability and risk analysis results. Experience shows that with such approaches it is possible to simultaneously increase safety and availability and reduce the maintenance costs. Furthermore, the maintenance strategies can be potentially improved by optimising inspection and testing and by increasing the use of condition monitoring information for maintenance steering.

Severe accident research has long traditions in the Nordic countries, with active international participation. The topics within the NKS have naturally focused on open questions related to the Nordic BWR plants, and within this programme period the research efforts were concentrated on hydrogen issues, behaviour of organic iodine and recriticality of a degraded core. These studies have increased the understanding of these phenomena and identified remaining work in these topics. In addition, other areas where continued research is needed have been identified and reported within this project.

This final report summarises the studies and highlights the needs for future research in a number of areas that have traditionally been subjects in the Nordic co-operation. However, the SOS-2 project covered only some specific topics of reactor safety, and there may be a need to modify the subjects within the forthcoming NKS programmes. As EU funding for nuclear reactor safety research is significantly decreasing, the importance of the Nordic co-operation within NKS is growing and the focus of the Nordic research should be a subject of continuous discussion.

SOS-3: Radioactive Waste

Project leader: Karin Brodén, Studsvik RadWaste

During 1998-2001, a project on the management of radioactive waste was carried out as part of the NKS programme. The project was called NKS/SOS-3 and was divided into three subprojects: SOS-3.1, SOS-3.2 and SOS-3.3. The first of these, SOS-3.1, dealt with Environmental Impact Assessment (EIA), SOS 3.2 dealt with intermediate storage, and SOS-3.3 dealt with contamination levels in metals. Each of these subprojects related to earlier NKS work on the management and disposal of radioactive waste. SOS-3.1 was a continuation of a subproject on EIA (AFA-1.3) in the previous programme period of 1994-1997. SOS-3.2 was a continuation of two other subprojects in the same programme period: AFA-1.1 on waste categorisation and AFA-1.2 on performance analysis. SOS-3.3 was a continuation of earlier NKS work on clearance from regulatory control (KAN-1.1, 1994).

Representatives from Denmark, Finland, Norway and Sweden participated in all three subprojects, while representatives from Iceland participated in SOS-3.1 and SOS-3.3. Most of the SOS-3 work has been performed in a broad group of experts. This has contributed to a better understanding of the waste situation in the different countries and has also made it possible to learn from each other. Furthermore, it has in some cases contributed to common recommendations.

Priority was given to a Nordic perspective. Therefore, the work was focused less on waste from nuclear power plants than on waste from research, hospitals and industry.

The target group for the results is primarily authorities and organisations managing waste in the Nordic countries. However, the results are presumably useful in other countries as well. This applies particularly to the results from SOS-3.3, since the knowledge within this field is very limited in the world.

Environmental Impact Assessment (SOS-3.1)

The management and disposal of radioactive waste is governed by national legal frameworks and international requirements and guidance on EIA. The SOS-3.1 subproject included four EIA seminars on the use of EIA in the Nordic countries. The seminars were held in Norway in 1998, Denmark in 1999, Iceland in 2000 and Finland in 2001. The last seminar was performed in co-operation with the NKS project SOS-1.

The seminars focused on experiences from EIA procedures for the disposal of radioactive waste and other experiences from EIA processes. Both Finland and Sweden have repositories for operational waste from nuclear power plants. Finland has experiences from a performed EIA process regarding an encapsulation and disposal facility for spent nuclear fuel and similar EIA processor related to the

modernisation of the existing nuclear power plants and a possible new plant. Sweden has experiences from an on-going EIA process regarding plans for disposal of spent nuclear fuel. Norway has experiences from a completed site with the construction of a combined disposal and storage facility for radioactive waste in Himdalen (KLDRA). Norway has also experience on EIA based on support of environmental clean-up activities in Russia. Denmark has, after closure of the research reactor DR3 in 1999, initiated comprehensive planning for the decommissioning of all the nuclear facilities at Risø. The initial steps in planning for a disposal facility have also been taken. Iceland has only small quantities of radioactive waste, but has experiences from EIA procedures related to other areas.

Intermediate storage (SOS-3.2)

Experiences of different intermediate storage conditions, and how these affect the containers and their content, are valuable both to authorities and industry when assessing and planning future storage facilities. The objective of SOS-3.2 was to analyse Nordic experiences of the storage of low- and intermediate-level waste, and to give recommendations on suitable intermediate storage conditions.

An overview of the principles for intermediate storage of radioactive waste packages in Denmark, Finland, Norway and Sweden was made. Recommendations were given regarding different intermediate storage options, as well as control and supervision. The disposal of drums at Kjeller in Norway was also included in the overview. This is an example of an intended disposal facility turned into what in practice has become a storage system.

Contamination levels in metals (SOS-3.3)

Clearance of radioactive material, in particular scrap metal, is a quite important issue, nationally as well internationally. The volume of scrap metal cleared for recycling is expected to increase as the nuclear installations grow older and the need for refurbishment and modernisation increases. However, controlled clearance is not the only source of radionuclides in materials and products. Other sources are naturally occurring radionuclides, accidental smelting of radiation sources, fall-out from nuclear weapon tests etc.

The SOS-3.3 subproject included both a study on clearance in the Nordic countries and a study on radioactivity in commercially available metals. Within the study on clearance in the Nordic countries, an overview of official requirements for clearance and information on clearance experiences was prepared. Practices from both nuclear and non-nuclear activities were presented.

Within the study on radioactivity in commercially available metals, samples from different steel, aluminium and magnesium producers in the Nordic countries were analysed at different laboratories. The samples were analysed with gamma spectrometric equipment. In some cases, beta measurements or neutron activation

analyses were also performed. No activity at all or activities in the same range as the detection limits were found in the steel samples. Very low activities from natural uranium and thorium were found in some of the aluminium and magnesium samples. No indication of elevated radioactive contamination due to recycling of metals from the nuclear industry was found. However, it should be observed that it was only possible to analyse a limited number of samples in the SOS-3.3 study, since the measurements were very time-consuming.

The results from SOS-3.3 may be useful for comparison in the future, since changes may occur. It could then be of interest to compare the results from SOS-3.3 with results from new measurements.

BOK-1: Nuclear Emergency Preparedness

Project leader: Bent Lauritzen, Risø National Laboratory

The BOK-1 project, *Nuclear Emergency Preparedness*, was carried out as part of the 1998-2001 Nordic Nuclear Safety Research program. The BOK-1 project comprises a number of activities aimed at developing and improving nuclear emergency preparedness. The activities include surveys of techniques and equipment, workshops and exercises. The project includes research activities concerning monitoring and modeling the radiological impact of nuclear accidents, aiming at developing emergency response plans.

Radiation protection authorities, governmental agencies, universities, research organizations and laboratories have been partners in the project, which have had participants from all of the Nordic and Baltic Sea countries.

The project was divided into six sub-projects:

BOK-1.1 Laboratory measurements and quality assurance

The objective was to develop the quality of laboratory measurements of radioactivity, aimed both at emergency situations and at radioecology studies using radioactive tracer elements. To this purpose, two inter-comparison exercises of α -, β - and γ -measurements on environmental samples were carried out. Two consecutive inter-comparison exercises of gamma spectrometry software were conducted to check the ability to handle emergency situations. Seminars on accreditation and measurement techniques were arranged and a study of source preparation techniques for α -, and β -measurements was undertaken. In addition, a survey of sampling techniques employed in the Nordic countries was carried out.

The Nordic inter-comparison exercises of laboratory analyses revealed large differences in reported results, and were found to be important both for quality assurance/control reasons and as part of basic training for new staff. Also, inter-comparison exercises may assist the implementation of new equipment and techniques for laboratory measurements. Therefore, inter-comparison exercises are valuable for the Nordic laboratories performing radioactivity measurements as part of the nuclear emergency preparedness system.

BOK-1.2 Mobile measurements and measurement strategies

The objective was to test, compare and integrate different types of field measurements using mobile equipment. Mobile gamma spectrometry aims at mapping contamination levels following a nuclear accident or searching for lost radioactive sources. A Nordic exercise for car-borne gamma spectrometry (CGS), RESUME 99, was carried out at Gävle in Sweden in September 1999, and spectral data collected during the exercise has been used in a study of CGS techniques and interpretation of such data. As part of the Barents Rescue 2001 LIVEX in

September 2001, the “Gamma Search Cell” exercise was aimed at the search for and identification of lost radioactive sources by airborne and car-borne teams. The BOK-1 project has been engaged in the planning and evaluation of this exercise and has provided financial support for Nordic participation.

The two exercises on field measurements with mobile equipment have demonstrated increased capabilities for emergency monitoring of radioactivity, and in particular for data processing and visualization. The exercises generated valuable data on mobile gamma-ray spectrometry, which can be used to test analytical and practical methods for integrating different platforms in an emergency collaboration on mapping fallout areas or for locating and identifying lost radioactive sources.

BOK-1.3 Field measurements and data assimilation

Data assimilation denotes the integration of available data following a nuclear accident, with the purpose of improving early prognoses on the radiological consequences of the accident. Activities within the sub-project included a Ph.D. program on data assimilation of atmospheric dispersion, focusing on making a source term estimate based on off-site dose rate measurements, and a ^{41}Ar field experiment for simultaneous monitoring of meteorology, source term, plume and radiation field.

The objective of the Ph.D. program has been to advance theoretical development in the data assimilation project. In a wider perspective, the Ph.D. program has served to support education in the field of radiation protection. The argon-41 field experiment was carried out successfully and has generated data that can be used both to validate atmospheric dispersion and dose rate models, and in the constructing and testing of data assimilation models for short-range atmospheric transport.

BOK-1.4 Countermeasures in agriculture and forestry

The main objective of the sub-project was to produce a Nordic handbook on agricultural countermeasures, intended for a target group of nuclear and agricultural authorities, the agricultural community and the food-industry end-users. Quantitative information has been compiled on dose-reducing countermeasures in agriculture and forestry, and presented in a datasheet report and in an electronic database. A late-phase exercise, Huginn, was conducted to test the ability, based on the datasheets, to calculate the radiological and economic consequences of an agricultural countermeasure following a nuclear accident. In addition, a survey of environmental transfer factors for nuclear emergency preparedness was undertaken. In a separate study, forest remediation techniques in the Nordic countries have been reviewed.

Increased collaboration between the Nordic agricultural and radiation protection communities has been a valuable outcome of this sub-project. The effective

implementation of agricultural countermeasures relies on methods for consequence assessment be further developed and implemented into emergency preparedness decision support systems. Tools developed in this sub-project can be used as a basis for late-phase exercises on agricultural countermeasures, involving authorities within agriculture and radiation protection.

BOK-1.5 Emergency monitoring in the Nordic and Baltic Sea countries

A survey of radiological monitoring systems in the Nordic and Baltic Sea countries: Russia, Estonia, Latvia, Lithuania, Poland and Germany was carried out. The survey was presented in a joint publication of NKS and the Reference Group for Baltic Sea States on Emergency Monitoring Integrated Systems and Early Warning.

BOK-1.6 Nuclear exercises

A workshop, Baltic Nuclear, was held with participation by nuclear authorities and the top-management of nuclear power plants in the Baltic Sea Region, with the purpose of testing the ability to handle the information pressure encountered during a nuclear emergency. A study of a mobile Internet for nuclear emergency preparedness was undertaken and the system was tested at nuclear emergency exercises.

Many of the results obtained in the sub-projects have been communicated in project reports and through dedicated seminars, but also through the use of web pages and internally at numerous project meetings. The present summary report describes the main result obtained in the project. A more detailed account of the project results can be found in the BOK-1 technical reports.

BOK-2: Radiological and Environmental Consequences

Project leader: Sigurður Emil Pálsson, Icelandic Radiation Protection Institute

The NKS/BOK-2 project, *Radiological and Environmental Consequences, 1998-2001*, focuses on radioecology in the Nordic countries and areas of interest to them. The NKS has in previous programme periods included work on radioecology, and many basic questions concerning assessment of risk due to environmental radioactivity have been answered. One may then ask, why should one continue work in this field? This question, by itself, reflects the problem. Why should talented young people enter a field where many important questions have already been answered and the interest of society in nuclear methods is decreasing? In fact modern society still has pressing questions. The questions have changed, but answers are still urgently required and it seems there are fewer competent persons able to provide the answers.

The changed nature of questions asked by society can be seen from more requirements for studies to prove that there are no significant health risks from environmental radioactivity and for tracer studies to help understand processes and predict development of very low environmental concentrations. Risk and health related assessments are, however, still important. They form the backbone of emergency response plans. The threat scenarios change from time to time and thus new assessments are called for.

An important aim of the BOK-2 project was thus to provide a stimulating environment and to encourage contacts and co-operation between young and experienced researchers, between scientists in different fields (within and outside traditional radioecology) and between scientists within the Nordic countries and neighbouring regions. This was done through meetings, seminars and dissemination of information, including the use of the Internet. The Nordic network within radioecology is important for national authorities and for new people in the field and for making it possible to start close co-operation quickly between countries, e.g. if needed because of a nuclear accident.

When organising the project work within BOK-2, a choice had to be made between having a project with a broad range of activities and many participants, and narrowing the focus, obtaining more depth in a few fields, at the expense of limiting the number of participants. No one ideal solution can be found, what might suit one country can be inappropriate for another. The conclusion was to have a broad range of activities, build on existing project work in each country as much as possible and try to build-up a large network with many participants.

In accordance with the suggestions of the NKS programme group, it was decided to structure the BOK-2 project as follows:

BOK-2.1 Important Nordic food chains

BOK-2.1.1 Radioecological vulnerability

BOK-2.1.2 Internal doses

BOK-2.2 Radioactive tracers in Nordic sea areas

BOK-2.2.1 Sea water transport

BOK-2.2.2 Biological and biogeochemical processes

BOK-2.3 Applications of ICP-MS for measuring radionuclides

BOK-2.4 Methodology for defining exemption levels of radionuclides in timber

In BOK-2.1.1 the main emphasis was on using old fallout data to improve methods of estimating the effects of radionuclide deposition. This was done by using traditional UNSCEAR models on a combined data set of fallout and Chernobyl data, and by using precipitation data to predict deposition. Each approach was used successfully by participants from three Nordic countries, combined they involved all five Nordic countries and the Faroe Islands.

The aim with BOK-2.1.2, Internal doses, was to improve methods for dose calculations based on dietary methods (indirect method) and whole-body counting (direct method). It has e.g. involved two courses with practical exercises, calibration and intercalibration of equipment and preparation of a handbook for use in emergency situations.

BOK-2.2.1 focused mainly on radioactive tracers in Nordic waters, Tc-99, Cs-137 and to a lesser degree, I-129. Particular use was made of the Tc-99 peak in release from Sellafield in 1995. This release has been followed through the Danish straits into the Baltic Sea (with Cs-137 moving in the opposite direction) and along the Norwegian coast into the Arctic Ocean. At the end of the project period, no significant increase of Tc-99 had been observed at the Faroe Islands, but indications of increased concentrations in seaweed were found at the northern coast of Iceland.

The BOK-2.2.2 part focused on processes in the Baltic Sea. Main emphasis was on evaluating existing sediment data, comparing it with recent data, improving the coverage of sampling in the Gulf of Bothnia and improving the knowledge on the role of sedimentation in losses of radionuclides from the water column to the seabed. The last part of this study was to investigate the role of river discharges from Finland into the Baltic Sea.

BOK-2.3 was introduced late in the project period in order to meet increasing interest in investigating the applications of mass spectrometry for measuring long-lived radionuclides. It involved a training course, opportunity for work on own samples and experimental work.

BOK-2.4 was also introduced late in the project period. It involved a study on methodology for defining exemption levels for radionuclides in timber.

The project was organised in an open manner so that scientists working for the co-operating organisations and institutes were contributing with additional studies, without financial support from NKS. This meant that the focus of the project had to be widened, but it enabled more scientists to participate in the network provided by the project.

The BOK-2 project has through the tasks mentioned provided a stimulating environment for co-operation in various fields of Nordic radioecology. Eight meetings and seminars were held during the project period and feedback obtained from participants indicates that the Nordic network is a highly valued part of the project work.

SBA-1: Nuclear Threats in Nordic Surroundings

Project leader: Inger Margrethe H. Eikermann, Norwegian Radiation Protection Authority

The SBA-1 project was one of the new cross-disciplinary studies in the NKS research program 1998-2001. The main task for the project was to aggregate already compiled knowledge of nuclear threats in the vicinity of the Nordic countries, into a “base of knowledge”, presented by modern information technology. This web based “base of knowledge” will be available to Nordic authorities as a supplement to national emergency preparedness systems. The project focused on potential events in nuclear installations and the possible consequences for the Nordic countries and especially on vulnerable food chains, dose to man, environmental contamination and emergency preparedness. The main nuclear installations focused in the project were nuclear power plants, nuclear powered ships and nuclear fuel and waste storage facilities in the vicinity of the Nordic countries.

The objective of the project was to prepare a “base of knowledge” regarding possible nuclear threats in the vicinity of the Nordic countries. This base of knowledge can, by information technology, be made available to authorities, media and the population. The users of the websites can easily get information on different types of nuclear installations and threats.

Base of knowledge

The first stage of the project was to prepare a list of relevant papers and reports that have been previously produced concerning nuclear threats in the vicinity of the Nordic countries; a literature database. The literature database is presented on a website and as a report with 500 references.

The literature database was created as a part of the “base of knowledge” and is a database with the most relevant publications, papers and reports that have been produced regarding possible nuclear threats in the vicinity of the Nordic countries.

As a summary on the literature in the database there are made two status reports on the most important issues of the project, threats from the nuclear power plants and the nuclear vessels. The reports give an overview of the work done in this matter. The reports are published as NKS reports.

At the Workshop 2000 experts from the different Nordic countries presented each country’s evaluation of the threats against their country. There were presentations from the different Nordic countries concerning the threats from nuclear installations. There were discussions about source term, models and consequences of nuclear threats.

As a result of the discussions at the workshop and the presented literature there are made NKS reports on the threats from nuclear power plants and nuclear power ships.

During the work four supplementary studies have been added regarding:

The Base of Knowledge - an open database

The objective was to make a structure and guidelines for making the “Base of knowledge” a national open home page. The project was carried out in cooperation between the County governor of Finnmark and NRPA.

Gravitational settling of particles in dispersion model simulations using the Chernobyl Accident as a test case.

Atmospheric emission, transportation and deposition of radioactive particles of different size and density were the main topics of the project. A new source term description of the Chernobyl accident has been put in to the atmospheric dispersion model SNAP. The project was a cooperative effort between DNMI and NLH and the result is presented in the DNMI report No. 131: “Atmospheric Transport and Deposition of large particles released during the Chernobyl accident”.

Nuclear emergency preparedness in the Nordic and Baltic Sea Countries

The object was to update “Håndbok for atomberedskap i Norden”, the nuclear emergency preparedness handbook for the Nordic countries. The new version also includes contributions from Estonia, Latvia, Lithuania, and Poland. The previous issue of this handbook (1996) was only in Norwegian. The new handbook is in English and only in electronic form which facilitates future updates. The work was coordinated by NRPA in cooperation with the participating countries.

Information Preparedness in nuclear emergencies, NKS Workshop at the Barents Rescue Exercise 2001.

The fact that it always takes too long for the authorities to inform the public in emergencies was discussed at this workshop. Other issues were how the authorities can set up independent channels to the media, and information handling during a crisis. The authorities can prepare for this by creating contact networks and using IT.

Nordisk Kernesikkerhedsforskning

Program 1998 – 2001

Sammenfatninger

SOS-1: Riskvärdering och strategier för säkerhet

Projektledare: Kjell Andersson, Karinta-Konsult

NKS/SOS-1 har sökt ta ett brett perspektiv på säkerhetsarbetet inom det kärntekniska området. Säkerhet uppfattas som medvetenhet hos alla berörda om de risker som kan finnas och det skydd som finns att lita på. Det betyder att säkerheten är uppfylld först när den har kommunicerats, implementerats och blivit förstådd. Det finns alltså en stark koppling mellan säkerhet och riskkommunikation, dels mellan olika expertgrupper men också mellan dessa å ena sidan och en bredare allmänhet å andra sidan.

Projektet har använt ett brett spektrum av metoder som intervjuer och frågeformulär, seminarier, särskilda forskningsinsatser och fokusgruppdiskussioner för att nå sina målsättningar. Deltagare har i första hand varit sådana som arbetar inom kärntekniksektorn inom industri, myndigheter, forskningsinstitutioner och konsultfirmor. Delar av projektet har även involverat lekmän med någon anknytning till den det kärntekniska området.

Tre aspekter på säkerhetsarbetet

Organisationen har den mest centrala betydelsen för säkerheten. Det finns goda erfarenheter från kärnteknisk och annan industri, men det finns också exempel på hur svagheter i säkerhetsarbetet kan uppstå. Det gäller att uppmärksamma och åtgärda sådana defekter innan de ställer till skada. Tre nyckelbegrepp i detta sammanhang, som undersökts inom SOS-1, är säkerhetskultur, säkerhetsindikatorer och kvalitetssystem.

Begreppet *säkerhetskultur*, som fick en framskjuten plats efter olyckan i Tjernobyli, har haft betydande inverkan på säkerhetsarbetet även om det kan vara svårt, för att inte säga omöjligt, att definiera begreppet så att det kan mätas. Begreppet kan närmast uppfattas som en organisations förmåga att skapa säkerhet genom kunskap och engagemang. För myndigheter tjänar begreppet ett dubbelt syfte: dels ska de granska industrins säkerhetskultur, dels måste deras eget arbete präglas av engagemang och ansvar.

Säkerhetskulturen måste ständigt uppmuntras och stimuleras av ledningen eftersom den kan utsättas för negativ påverkan av både interna och externa faktorer. Många ser avregleringen som ett möjligt hot mot säkerhetskulturen och andra framhåller svårigheterna med att rekrytera kompetens till kärnkraftområdet inom den unga generationen.

Säkerhetskulturen har en stark koppling till kvantitativa *säkerhetsindikatorer* som är instrument för att få mått på säkerheten. Indikatorerna bör kunna ge varningssignaler om en anläggnings säkerhetsmässiga status kan komma att

minska. Säkerhetsindikatorer bör även kunna ge indikationer på utvecklingstrender så att man kan bedöma om utvecklingen har positiv eller negativ karaktär.

Att använda säkerhetsindikatorer har många fördelar med det finns också problem i sammanhanget. En risk är att indikatorerna ges för stor betydelse som målsättningar. Säkerhetsindikatorerna bör behållas som just indikatorer, vilket bland annat innebär att de bör kunna bytas ut relativt ofta som anpassning till organisationens förändrade förutsättningar och målsättningar.

Begreppet *kvalitetssystem* har också uppmärksammats särskilt i SOS-1. Det syftar till dokumentation på en bestämd kvalitetsnivå och en beskrivning av hur kvalitet ska uppnås och upprätthållas. Kvalitetssystem har också en viktig funktion för kunskapspridning och lärande i en organisation.

Riskkommunikation

Om säkerhet ska uppfattas som medvetenhet om risker och hur de ska hållas under kontroll får riskkommunikation central betydelse. I de nordiska länderna har kärnavfallsområdet varit föregångare i att utveckla metoder för riskkommunikation genom transparens och medborgarinflytande, inte minst i platsvalet för slutförvar. MKB-processen (MiljöKonsekvensBeskrivning) har varit den övergripande processen för detta både i Finland och Sverige inom vilken många initiativ till nya arbetsformer har tagits. De nya arbetsmetoder som kommit fram bör kunna vara till nytta även inom andra samhällsområden, som t.ex. biotekniken. SOS-1 rapporten anger några inslag i en strategi för god riskkommunikation:

- Attityden hos beslutsfattare, industri och myndigheter måste vara kommunikativ, och ta sin utgångspunkt i att beslut om kärnkraft och kärnavfall måste ha sin grund i samhälleliga värderingar.
- Platsvalsprocesserna för slutförvar har, liksom frågan om en femte finsk reaktor, visat att dialogen med fördel kan grundas i en ”paraplyprocess” som t.ex. MKB.
- Inom en sådan övergripande process finns det goda möjligheter att pröva olika metoder som t.ex. olika former för utfrågningar och konsensuskonferenser.
- Myndigheterna bör spela en aktiv roll i dialogen.
- Man får inte underskatta ”allmänheten” som också har expertkunskaper inom olika områden. Erfarenheter från framför allt Oskarshamn visar att lekmän (personer som inte har expertkunskaper om kärnsäkerhet som t.ex. politiker, tjänstemän, studerande etc.) kan utveckla betydande kapacitet för att ”stretcha” industrin och utmana med frågor från nya perspektiv.

- Begreppet ”stretching” har visat sig mycket användbart för att öka transparensen i komplexa frågor. En utvecklad förmåga till detta hos lekmän även för reaktorsäkerhet skulle vara en tillgång även för kraftbolagen. I Sverige skulle detta kunna åstadkommas hos de lokala säkerhetsnämnderna.

Säkerhetsanalysen har en central roll som beslutsunderlag inom både reaktor- och avfallsområdena. Riskkommunikationen måste alltså även omfatta säkerhetsanalysen, vilket kommer att ställa nya krav på dess experter.

SOS-2: Reaktorsäkerhet

Projektledare: Kaisa Simola, VTT Industrial Systems

Projektet avseende reaktorsäkerhet i NKS programmet var inriktat mot vissa säkerhetsrelaterade frågor som under förprojektfasen konstaterades vara av gemensamt intresse för parterna inom den nordiska kärnsäkerhetsforskningen, men som inte--ej täcks in av övriga internationella forskningsprojekt.

Projektet genomfördes i tre delprojekt som vart och ett omfattade flera uppgifter och forskningsområden. Dessa delprojekt var:

- SOS-2.1 Säkerhetsutveckling: Delprojektet koncentrerades på problem relaterade till risk-informerat beslutsfattande, speciellt rörande osäkerhet och ofullständighet av sannolikhetsbaserade säkerhetsanalyser (PSA) och deras effekt på möjligheterna att använda resultat från PSA vid beslutsfattande.
- SOS-2.2 Ledning av underhåll och förnyelse: Ett mål var att befrämja analyser av mänskliga och organisatoriska faktorer rörande underhåll. Ett annat syfte var att öka förståelsen rörande ledning av underhåll.
- SOS-2.3 Svåra haverier: Detta delprojekt koncentrerades på att studera fenomen som förbränning av väte, bildande av organiskt jod, och återkriticitet av reaktorhärden på grund av växelverkan härdsmläta - betong vid undre delen av reaktortanken. Även nuläget för forskningen och bemästrande av svåra olyckor i nordiska länder undersöktes.

Huvudaktiviteterna och slutsatserna från delprojekten beskrivs kortfattat i sammanfattningen.

Risk-informerat beslutsfattande

Tre undersökningar rörande osäkerheter och ofullständigheter av sannolikhetsbaserade säkerhetsanalyser genomfördes inom delprojektet SOS-2.1. Utgångspunkten var jämförelse av två PSA-studier, kommunikation av osäkerheter, och undersökning av aktiva mänskliga fel och deras roll i PSA-studier. Riskinformerat beslutsfattande behandlades inom delprojektet SOS-2.1 genom att arrangera ett nordiskt seminarium för utredning av läget för riskinformerade tillämpningar och genom att göra några tillämpningssudier.

En jämförande studie genomfördes av två PSA rörande nästan identiska kärnkraftsblock, som uppvisade anmärkningsvärt olika resultat. Syftet var att identifiera, klargöra och förklara skillnaderna mellan PSA-studierna, samt ge rekommendationer för jämförelse av PSA-studier. Effekten av antagandena och osäkerheterna i resultaten utvärderades. Undersökningen resulterade i

rekommendationer rörande dokumentation av PSA. Ett behov att harmonisera vissa delar av studierna uppenbarade sig också.

En annan studie underströk behovet att på ett strukturerat sätt analysera och presentera osäkerheter för att möjliggöra kommunikation mellan olika experter och myndigheter. När man använder riskinformerade principer för beslutsfattande ställs krav på osäkerhetsanalyser och dokumentation av dem, varför det är viktigt att känna till antagandena gjorda vid analyserna. För att förbättra kommunikationen mellan olika parter inblandade vid analyserna av fenomenen och beslutsfattarna, genomfördes en studie som syftade till att presentera en syn på osäkerhetsanalys av fenomenologiska modeller. Man betonade identifiering och dokumentation av olika typer av osäkerheter och antaganden vid modellering av fenomenen.

En studie genomfördes av aktiva mänskliga fel även kända som felaktiga handlingar. Studien omfattade redan från början kontrollrumsaktiviteter, underhåll, funktionsprovning och ledning av avställningar, d.v.s. inga mänskliga aktiviteter vid kärnkraftverkets drift lämnades utanför studiens omfattning. Man inriktade sig på att gå igenom problemområdet och bilda en tvärteknisk syn på principerna för en analys av aktiva felhandlanden. Enligt studien förekom ett anmärkningsvärt antal av mänskliga felhandlanden utanför kontrollrummet vilket borde återspeglas i PSA-modellerna.

En granskning av beslutskriterierna gjordes och principerna för att värdera kriterierna identifierades. Behovet av sannolikhetsbaserade beslutsregler eller -kriterier har framkommit, men det finns många praktiska och teoretiska problem vid tillämpningen. Beslutsalternativen kan inte alltid modelleras med samma detaljeringsgrad. Således måste beslutskriterierna väljas eller tillämpas med hänsyn till sammanhanget. Användningen av kriterierna vid beslutsfattande måste begründas och utvärderas.

En pilotstudie genomfördes för utveckling av ett förslag till riskbaserad säkerhetsklassificering av utvald utrustning vid ett kärnkraftverk. I detta fall gjordes tillämpningen för Lovisaverket 1. Jämförelser gjordes med den ursprungliga säkerhetsklassificeringen och med säkerhetstekniska föreskrifter. Analyserna uppvisade en vid variationsbredd av viktigheter inom samtliga säkerhetsklasser.

När riskinformerade tillämpningar av oförstörande provning har blivit alltmer lockande, har kvantitativ uppskattning av rörbrottsfrekvenser blivit ett intressant ämne. Det har konstaterats att rörbrottsfrekvenser beräknade utifrån brottmekaniska modeller eller utifrån drifterfarenheter kan leda till betydligt varierande resultat. En jämförande analys som byggde på de alternativa metoderna gjordes för rörskaadesannolikheter av spänningskorrosionsprickor. Huvudorsakerna för skillnaderna i de numeriska resultaten analyserades, och tillämpbarheten och begränsningarna av förfaringsätten diskuterades.

Kvalitet och ledning av underhåll

Vid delprojektet SOS-2.2 behandlades kvalitén av underhållsarbetet genom att undersöka mänskliga fel i samband med underhåll och deras effekter för driftklarhet och säkerhet. En systematisk och ingående analys av drifterfarenheter av mänskliga fel i samband med underhåll påbörjades under det tidigare NKS-programmet och fortsatte under detta program i Finland.

Analys av mångfaldiga mänskliga fel med gemensam orsak (HCCF) vid finska kraftverk visar att arbetsorderdata är nyttiga för identifiering och analys av mänskligt felhandlande i samband med underhållsaktiviteter. Dessa händelser innehåller brister vid verifiering av driftklarheten innan arbetet är färdigt, och vid planering som erfordras innan underhålls- eller ändringsarbetet påbörjas i anläggningen. En strukturerad klassificering och analys möjliggör identifiering av bristande barriärer och felmekanismer som penetrerat barriärerna samt blivit kvar i systemet under långa perioder. En ändamålsenlig klassificering, ingående analys och statistisk behandling av underhållsrelaterade felhandlanden genererar också nyttig information för riktning av t.ex. psykologiska studier till de mest relevanta områdena av underhåll och driftklarhet.

En genomgång av forskningsbehov rörande mänskliga faktorer inom underhåll i Sverige gjordes genom att intervjua både myndigheten, SKI, och kraftbolagen. Intervjuerna resulterade i en sammanställning av genomförda, pågående och planerade forsknings- och utvecklingsarbeten relaterade till problem avseende mänskliga faktorn vid underhåll. Man klassificerade och sammanställde behovet av framtida forsknings- och utvecklingsprojekt som identifierats av personal från anläggningar och SKI.

Ledning av underhåll undersöktes inom SOS-2.2. Transformatorfel och -underhåll undersöktes också därför att transformatorer är kritiska ur tillgänglighetssynpunkt. Transformatorexplosioner är också en risk. Rapporten ger rekommendationer för konditionsövervakning av transformatorns isolering och olja.

En diskussions- och arbetsgrupp rörande underhållsbeslut bildades inom ramen av NKS-projektet. Gruppen bestod av representanter från kraftbolag. Informationsutbytet skedde för att jämföra och identifiera god praxis, speciellt för försäkra sig om ekonomiskt konkurrenskraftig elproduktion utan att reducera reaktorsäkerheten och genom att utveckla säkerheten selektivt. Man diskuterade och utredde till exempel underhållsstrategiska klassificeringar för prioritering av anläggningens underhållsobjekt för granskning och förbättrad allokering av tillståndsbaserade, förebyggande eller avhjälpande underhållsstrategier inom olika kärnkraftverk. Dessutom jämförde man sätt att mäta effekten och effektiviteten av underhållet liksom underhållsoptimeringar utgående från analys av fel- och underhållsdata.

En undersökning av hanteringen av informationen från tillståndsövervakningen gjordes genom intervjuer vid olika nordiska kärnkraftverk. Med tillståndskontroll avser man att förhindra degradering av komponenten, och en efterföljande felhändelse, genom att utnyttja tillståndsövervakning och olika informationssystem för underhållsstyrning. Intervjuerna och anläggningsbesöken visar att underhållsstrategierna förändras endast rätt långsamt mot tillståndsbaserat underhåll på anläggningarna trots att man anskaffat omfattande tillståndsövervakningssystem och -instrument.

Svåra haverier

Forskningen av svåra haverier i SOS-2.3 omfattade en genomgång av nuläget för forskning och bemästrande av svåra haverier i nordiska länder. Studier av fenomen inriktade sig på vätgasscenarier och bildande av organiskt jod. Dessutom gjordes en studie av återkriticitet av BWR-härden efter växelverkan mellan härdsmlta och betong vid undre delen av reaktortanken.

Ett scenario med vätgasexplosion inom en BWR-reaktorbyggnad undersöktes för utvärdering av integriteten av reaktorinneslutningen vid explosionsbelastningar utifrån. Under ett svårt olycksfall kan det förekomma betydliga utsläpp av vätgas till inneslutningen och vätgasläckan till en omgivande reaktorbyggnad kan inte regleras bort. Studien omfattade analyser av explosioner utgående från tidigare beräkningar på vätgaskoncentrationer, och av strukturella beräkningar.

En studie genomfördes för undersökning av de viktigaste olycksfallssekvenserna rörande generering av vätgas och inneslutningstrycket vid vätgasdeflagration i Ringhals 3 PWR. Man koncentrerade sig på analys sekvenser med översvämning av en skadad härd, och detaljerade analyser av produktion av vätgas och inneslutningstrycket gjordes för de viktigaste sekvenserna.

Formation och funktion av organiskt jod behandlades genom litteraturundersökningar och småskaleprov. Arbetet syftade till att skapa förståelse av underliggande kemi samt att göra experimentellt småskalearbete. Två litteraturstudier gjordes inom projektet; en för att gå igenom metoder för att förhindra utsläpp av källtermen av metyljodid under härdsmltningsolyckan och den andra för insamling av värdefull information om hur metyljodid uppträder gasfasen under en svår olycka.

I de experimentella studierna verifierades inverkan av formationen av organiskt jod på pH-värdet av filterlösningen. Prov med målade ytor simulerade bildandet av organiskt jod i en olycksfallssituation vid Lovisa-reaktorn. Vid det tredje experimentet undersöktes möjligheten att fånga jod med nanopartiklar av silver. Dessa partiklar absorberade effektivt elementärt jod, men resultaten med metyljodid var inte lika goda.

En studie gjordes för att bestämma potentialen för återkriticitet av den skadade härden i en BWR. I det analyserade scenariet tränger en del av smältan in i den lägre delen av reaktortanken och resulterar i växelverkan mellan smälta och vatten.

En ångexplosion eller stark uppångning i lägre plenum kan skjuta en vattenmassa till utfallsdelen och härdregionen, vilket kan leda till en prompt effektexkursion, som i sin tur kan splittra bränslestavar.

Slutsatser

Det verkar finnas ett uttalat behov av ett ökat tvärtekniskt arbete, när riskinformerad reglementering och anläggningsledning ökar. Detta ställer ökande krav på förståelsen mellan olika experter eftersom man behöver kombinera expertisen från flera parter på ett integrerat sätt vid beslutssituationerna. PSA-modellens begränsningar måste identifieras och utvärderas vid samtliga tillämpningar, när de används som stöd för beslutsfattande.

Underhållsledning har traditionellt inte betraktats som en fråga för reaktorsäkerhetsforskning. Emellertid har vikten av mänskliga och organisatoriska frågor inom underhållet uppmärksammats i ökad omfattning, och ytterligare forskningsbehov identifierades inom detta projekt.

Avregleringen av elmarknaden har tvingat kraftbolagen att söka efter produktivitetsökningar och kostnadsbesparingar bl.a. vid underhåll. Emellertid måste konkurrenskraften uppnås utan att man kompromissar med anläggningssäkerheten. Planeringsmetoder, såsom erfarenhetsbaserat tillförlitlighetsstyrt underhåll och riskinformerad oförstörande provning, är avsedda att optimera underhållet genom att beakta resultat från risk-tillförlitlighetsanalyser omfattande systematiska analyser av fel- och underhållsdata.

Erfarenheten visar att det är möjligt att med sådana metoder samtidigt öka säkerheten och tillgängligheten och reducera underhållskostnaderna selektivt. Dessutom kan underhållsstrategier potentiellt förbättras genom optimering av inspektioner och provningar samt genom att öka användningen av information från tillståndsövervakningen för underhållsstyrning.

Forskningen om svåra haverier har långa traditioner i de nordiska länderna, med aktivt internationellt deltagande. Ämnen inom NKS har naturligtvis inriktat sig på öppna frågeställningar rörande nordiska BWR-block, och inom denna programperiod har forskningsinsatserna koncentrerat sig på vätgasproblem, uppträdande av organiskt jod och återkriticitet av en skadad reaktorhård. Dessa studier har ökat förståelsen av dessa fenomen och identifierat återstående arbete inom dessa områden. Dessutom har man inom detta projekt identifierat och rapporterat övriga områden, där fortsatt forskning behövs.

Slutrapporten sammanfattar studierna och understryker behoven för framtida forskning inom ett antal områden som traditionellt varit föremål för nordiskt samarbete. Emellertid täckte projektet SOS-2 endast in några specifika teman av reaktorsäkerhet, och det kan vara nödvändigt att modifiera områdena inom framtida NKS-program. När EU-finansieringen för forskning om den nukleära säkerheten minskar betydligt, ökar behovet av det nordiska samarbetet inom NKS. Inriktningen av den nordiska forskningen borde vara ett ämne för en kontinuerlig diskussion.

SOS-3: Radioaktivt avfall

Projektledare: Karin Brodén, Studsvik RadWaste

Under 1998-2001 genomfördes inom ramen för NKS (Nordisk kärnsäkerhetsforskning) ett projekt om avfall. Projektet kallades NKS/SOS-3. Det var uppdelat i tre delprojekt: SOS-3.1, SOS-3.2 och SOS-3.3. SOS-3.1 handlade om miljökonsekvensbeskrivningar (MKB), SOS-3.2 handlade om mellanlagring och SOS-3.3 handlade om kontaminationsnivåer i metaller. Vart och ett av delprojekten hade anknytning till tidigare NKS-arbete om hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall. SOS-3.1 var en fortsättning på ett delprojekt om MKB (AFA-1.3) från föregående programperiod 1994-1997. SOS-3.2 var en fortsättning av två andra delprojekt från samma programperiod; AFA-1.1 om avfallskategorisering och AFA-1.2 om funktionsanalys. SOS-3.3 var en fortsättning av tidigare NKS-arbete om friklassning (KAN-1.1, 1994).

Representanter från Danmark, Finland, Norge och Sverige deltog i alla tre delprojekten medan representanter från Island deltog i SOS-3.1 och SOS-3.3. Huvuddelen av arbetet har genomförts med ett brett deltagande. Detta har bidragit till bättre förståelse för avfallssituationen i de olika länderna och också gjort det möjligt att lära från varandra. Dessutom har arbetet i några fall bidragit till gemensamma rekommendationer.

Det nordiska perspektivet prioriterades. Därför fokuserades arbetet mindre på avfall från kärnkraftverk än på avfall från forskning, sjukhus och industri.

Målgruppen för resultaten är i första hand myndigheter och avfallshanterande organisationer i Norden. Resultaten är dock antagligen av värde också i andra länder. Detta gäller framför allt resultaten från SOS-3.3 eftersom kunskapen i världen inom detta område är mycket begränsad.

Miljökonsekvensbeskrivningar (SOS-3.1)

Hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall regleras genom nationell lagstiftning och internationella krav och rekommendationer om MKB. Delprojektet SOS-3.1 inkluderade fyra MKB-seminarier om användning av MKB i de nordiska länderna. Seminarierna hölls i Norge 1998, Danmark 1999, Island 2000 och Finland 2001. Det senaste seminariet genomfördes i samarbete med NKS-projektet SOS-1.

Seminarierna fokuserades på erfarenheter av MKB-processer för slutförvaring av radioaktivt avfall och om andra erfarenheter från MKB-processer. Både Finland och Sverige har slutförvar för driftavfall från kärnkraftverk. Finland har erfarenheter från en genomförd MKB-process beträffande inkapslings- och slutförvaringsanläggning för använt kärnbränsle och liknade MKB-processer knutna till modernisering av befintliga kärnkraftreaktorer och en ny eventuell

kärnkraftreaktor. Sverige har erfarenheter från en pågående MKB-process beträffande slutförvaring av använt kärnbränsle. Norge har erfarenheter från uppförande av en anläggning för slutförvaring och mellanlagring av radioaktivt avfall i Himdalen (KLDRA). Norge har också MKB-erfarenheter baserade på stöd till miljöinsatser i Ryssland. Danmark har, efter 1999 då forskningsreaktorn DR3 stängdes, påbörjat omfattande planeringsinsatser inför rivning av alla de nukleära anläggningarna i Risø. De första stegen mot planering av ett slutförvar har också tagits. Island har bara små mängder radioaktivt avfall men har erfarenheter från MKB-processer med anknytning till andra områden.

Mellanlagring (SOS-3.2)

Erfarenheter av olika mellanlagringsförhållanden och hur de påverkar behållarna och innehållet är värdefullt både för myndigheter och industri vid bedömning och planering av framtida mellanlager. Syftet med SOS-3.2 var att analysera nordisk erfarenheter av mellanlagring av låg- och medelaktivt avfall och att ge rekommendationer om lämpliga förutsättningar för mellanlagring.

En sammanställning gjordes om principerna för mellanlagring av avfallskollin i Danmark, Finland, Norge och Sverige. Rekommendationer gavs beträffande val av mellanlagringsmetoder och också beträffande kontroll och övervakning. Markdeponering av fat i Kjeller inkluderades också i sammanställningen. Detta är ett exempel på en anläggning som från början var avsedd att vara en deponi men som senare i praktiken visade sig bli ett mellanlager.

Kontaminationsnivåer i metaller (SOS-3.3)

Friklassning av radioaktivt material, särskilt skrot, är en viktig fråga både nationellt och internationellt. Volymen skrot som friklassas för återanvändning förväntas öka när de nukleära anläggningarna blir äldre och behovet av renovering och modernisering ökar. Kontrollerad friklassning är emellertid inte den enda källan till radionuklider i material och produkter. Andra källor är naturligt förekommande radionuklider, strålkällor som av misstag kommer in till smältverk, nedfall från kärnvapentester etc.

SOS-3.3 delprojektet inkluderade både en studie om friklassning i de nordiska länderna och en studie om radioaktivitet i kommersiellt tillgängliga metaller. Inom studien om friklassning i de nordiska länderna gjordes en översikt av myndighetskrav på friklassning och erfarenheter av friklassning. Både tillämpningar från nukleära och icke-nukleära aktiviteter presenterades.

Inom studien om radioaktivitet i kommersiellt tillgängliga metaller analyserades prover från olika stål-, aluminium- och magnesiumproducenter i de nordiska länderna av olika laboratorier. Proverna analyserades med gammaspektrometriutrustning. I några fall genomfördes också betamätningar eller neutronaktiveringsanalyser. Ingen aktivitet alls eller aktiviteter i samma

storleksordning som detektionsgränserna hittades i stålproverna. Mycket låga aktiviteter från naturligt uran och torium hittades i några av aluminium- och magnesiumproverna. Det finns inga indikationer på att återanvändning av metaller från den nukleära industrin gett upphov till förhöjd kontamination. Påpekas bör dock att det endast var möjligt att analysera ett begränsat antal prover i SOS-3.3-studien eftersom mätningarna var mycket tidskrävande.

Resultaten från SOS-3.3 kan vara användbara för jämförelser i framtiden eftersom förändringar kan äga rum. Det kan då vara av intresse att jämföra resultaten från SOS-3.3 med resultat från nya mätningar.

BOK-1: Nukleart beredskab

Projektledare: Bent Lauritzen, Forskningscenter Risø

BOK-1 projektet, Nukleart Beredskab, indgår i Nordisk Kernesikkerhedsforskning (NKS) programmet 1998-2001. BOK-1 omfatter en række aktiviteter, der alle sigter mod at udvikle og forbedre det nukleare beredskab i Norden. Aktiviteterne spænder fra kortlægning af beredskabsmetoder og –udstyr, afholdelse af seminarer, workshops og øvelser til udvikling og test af beredskabsplaner, metoder og udstyr.

Strålingsbeskyttelsesmyndigheder, forskningsinstitutioner og –laboratorier har været partnere i projektet, som har haft bred deltagelse fra alle nordiske lande og fra landene i Østersøområdet.

BOK-1 projektet består af seks delprojekter:

BOK-1.1 Laboratoriemålinger og kvalitetssikring

Formålet med delprojektet har været at sikre og forbedre kvaliteten af laboratoriemålinger af radioaktivitet, med henblik på såvel beredskabssituationer som på radioøkologiske sporstofstudier. To sammenligningsmålinger af radioaktivitet i miljøprøver har været udført med bred nordisk deltagelse, og to beredskabsøvelser i analyse af gammaspektre har været afholdt for at undersøge nordiske laboratoriers mulighed for at bistå ved nukleare ulykker. Seminarer om akkreditering og om detektorer og måling af radioaktivitet har været afholdt, og en analyse af prøveforberedelse og prøvehåndtering i forbindelse med alfa- og betamålinger er gennemført. Eksisterende metoder til indsamling af miljøprøver i de nordiske lande efter et nukleart nedfald er blevet kortlagt.

Sammenligningsmålingerne viste betydelige forskelle mellem de rapporterede resultater og har derigennem været værdifulde for kvalitetssikringen af laboratorieanalyser og til uddannelse og træning af nye medarbejdere. Sammenligningsmålinger er befordrende for udbredelse af nyt udstyr og metoder, og vil dermed også fremover være et nyttigt instrument for nordiske laboratorier, der udfører radioaktivitetsmålinger som en del af det nukleare beredskab.

BOK-1.2 Mobile målinger og målestrategier

Formålet med delprojektet har været at sammenligne og integrere feltmålinger med brug af mobilt måleudstyr. Mobil gammaspektrometri sigter mod at kortlægge landområder for nedfald efter en nuklear ulykke, eller at eftersøge forsvundne radioaktive kilder. En nordisk øvelse for mobil gammaspektrometri med anvendelse af biler (CGS), RESUME 99, blev gennemført i Gävle (Sverige) i 1999, og måledata fra denne øvelse er blevet anvendt i et studium af CGS metoder og fortolkning af CGS data. I øvelsen Barents Rescue 2001 LIVEX i september 2001 indgik ”Gamma Search Cell”, som havde til formål at eftersøge og identificere forsvundne radioaktive kilder ved hjælp af mobile land-baserede og luftbårne

målehold. BOK-1 projektet bidrog til planlægning og evaluering af ”Gamma Search Cell”, og leverede finansiel støtte til nordisk deltagelse i øvelsen.

De to øvelser for mobil gammaspektrometri har påvist en forbedret kapacitet for beredskabsmålinger af radioaktivitet. Et resultat af øvelserne med mobile målinger er et værdifuldt datasæt, der kan bruges til at teste analytiske og/eller praktiske metoder til integration af forskellige mobile målesystemer, til kortlægning af radioaktiv forurening og til eftersøgning og identifikation af forsvundne radioaktive strålekilder.

BOK-1.3 Feltnmålinger og dataassimilering

Dataassimilering ved en nuklear ulykke betegner inddragelsen af tilgængelige måledata til forbedring af prognoser over ulykkens radiologiske konsekvenser. Aktiviteter udført inden for projektet består af et Ph.D. program om dataassimilering af atmosfærisk spredning med fokus på bestemmelse af kildeleddet ud fra ”off-site” dosishastighedsmålinger, samt af et eksperiment over atmosfærisk spredning af argon-41, hvor samtidige målinger af meteorologi, kildeled, røgfane og strålingsfelt blev gennemført

Formålet med Ph.D. programmet har været at fremme den teoretiske udvikling i dataassimileringsprojektet, og mere overordnet, at medvirke til uddannelse inden for strålingsbeskyttelsesområdet. Argon-41 eksperimentet blev gennemført med succes og har frembragt et værdifuldt data sæt, der kan benyttes til at validere atmosfæriske sprednings- og dosisberegningsmodeller, samt i udviklingen af dataassimileringsmodeller for kort-distance atmosfærisk spredning.

BOK-1.4 Modforanstaltninger for landbrug og skovbrug

Hovedformålet med delprojektet har været at udarbejde en database, der beskriver de mulige modforanstaltninger inden for landbrug og skovbrug efter en nuklear ulykke, samt at skrive en håndbog over tiltag inden for landbrugsproduktion. Håndbogens målgrupper er nordiske myndigheder for strålingsbeskyttelse, beredskab og fødevarerproduktion, samt nordiske landbrugsorganisationer og fødevarerindustri. En elektronisk manual med databasen er blevet udviklet. En sen-fase øvelse, Huginn, er gennemført, for at undersøge mulighederne for med støtte i databasen at beregne de radiologiske og økonomiske følger af dosis-begrænsende modforanstaltninger inden for landbruget efter en nuklear ulykke. Et udredningsarbejde over Nordiske overførselsfaktorer til fødevarer, til brug for det nukleare beredskab, er gennemført. I et separat studium, er teknikker til afhjælpning af radioaktiv forurening af nordiske skovområder analyseret.

Et værdifuldt resultat af dette delprojekt har været et øget samarbejde mellem nordiske landbrugs- og strålingsbeskyttelseskredse. En effektiv iværksættelse af modforanstaltninger inden for landbrug afhænger af, at metoder til konsekvensberegning bliver videreudbygget og implementeret i beslutningsstøtteværktøjer. Modeller udviklet inden for projektet vil kunne benyttes som grundlag for en sen-fase øvelse om tiltag indenfor

fødevarerproduktion, der involverer landbrugs- og strålingsbeskyttelsesmyndigheder.

BOK-1.5 Nukleare målesystemer i de nordiske lande og i Østersøområdet

En oversigt over beredskabsmålesystemer i de nordiske lande og landende omkring Østersøen er fremstillet. Oversigten er publiceret som en fælles rapport fra NKS og ”Reference Group for Baltic Sea States on Emergency Monitoring Integrated Systems and Early Warning”.

BOK-1.6 Nukleare øvelser

En workshop, “Baltic Nuclear”, er afholdt med deltagelse af nordiske beredskabsmyndigheder og ledelsen af kernekraftværkerne omkring Østersøområdet. Workshopen blev gennemført som en nuklear beredskabsøvelse med et stort informationspres (fra medierne) på deltagerne. Anvendelsen af mobilt Internet under en nuklear ulykke er undersøgt, og et udstyr til brug for mobilt Internet er opsat samt testet ved internationale beredskabsøvelser.

BOK-1 projektets resultater er i det væsentlige formidlet gennem projektrapporter, ved seminarer og ved brug af hjemmesider, samt internt i projektet ved afholdelse af en lang række projektmøder. Indeværende slutrapport beskriver projektets hovedresultater med henvisning til BOK-1 projektets delrapporter.

BOK-2: Radiologiske og miljømæssige konsekvenser

Projektledare: Sigurður Emil Pálsson, Geislavarnir ríkisins

NKS/BOK-2 projektet, *Radiologiske og miljømæssige konsekvenser, 1998-2001*, har fokuseret på radioøkologi i de Nordiske lande og i områder af interesse for dem. NKS har i tidligere programperioder inkluderet radioøkologisk arbejde, og mange grundlæggende spørgsmål inden for radioøkologi er blevet besvaret. Man kan spørge, hvorfor skulle man så fortsætte arbejdet inden for dette område. Selve spørgsmålet afspejler problemet. Hvorfor skal talentfulde unge mennesker arbejde inden for et område hvor mange vigtige spørgsmål allerede er besvaret samtidig med, at samfundets interesse i brug af nuklear teknologi mindskes? Det moderne samfund har stadig vigtige spørgsmål som skal besvares. Der er tale om andre spørgsmål end før, men det er vigtigt at disse spørgsmål besvares, og det ser ud til, at der bliver færre kompetente personer til at besvare spørgsmålene.

Den ændrede natur af spørgsmålene som stilles af samfundet fremgår ved behov for undersøgelser til at belyse konsekvenser af miljøforurening samt behov for sporstofstudier, hvor man undersøger processer og vurderer udvikling af meget lave koncentrationer af radioaktive stoffer i miljøet. Vurdering af helbredsrisiko ved radioaktiv forurening er stadig vigtig. Det er grundlaget for beredskabet inden for området. Det aktuelle trusselsbillede ændres med tiden, og derfor må nye vurderinger kunne udføres.

Et af hovedmålerne med BOK-2 projektet har været at skabe et stimulerende miljø og at etablere kontakter og samarbejde mellem unge og etablerede forskere, mellem forskere i forskellige områder (inden for og uden for traditionel radioøkologi) og mellem forskere i og udenfor Norden. Dette er blevet opnået ved møder, seminarer og spredning af information, blandt andet ved brug af Internettet. Det nordiske netværk inden for radioøkologi er vigtigt for nationale myndigheder og nye medarbejdere inden for området, og netværket gør det muligt at starte et hurtigt konkret samarbejde, hvis det behøves på grund af et nukleart uheld.

Da arbejdet inden for BOK-2 projektet blev organiseret, måtte man vælge mellem et projekt med forholdsvis forskelligartede aktiviteter og mange deltagere, og et projekt med mere fokus og dybde i et begrænset område og færre deltagere. Der findes ingen ideal løsning. Hvad der er rigtigt for et land kan være en dårlig løsning for et andet. Resultatet blev et projekt med forskelligartede aktiviteter, som byggede på igangværende projektarbejde i hvert land så vidt som muligt, og som bidrog til et netværk med mange deltagere.

Ifølge anbefalinger fra NKS programgruppen blev det besluttet at strukturere BOK-2 projektet på følgende måde:

BOK-2.1 Vigtige nordiske fødekæder

BOK-2.1.1 Radioøkologisk sensitivitet

BOK-2.1.2 Interne doser

BOK-2.2 Radioaktive sporstoffer i nordiske havområder

BOK-2.2.1 Transport med havstrømme

BOK-2.2.2 Biologiske og biogeokemiske processer

BOK-2.3 Brug af ICP-MS til måling af radionuklider

BOK-2.4 Metodik til at definere "exemption levels" for radionuklider i tømmer

I BOK-2.1.1 var hovedvægten på at forbedre metoder til at estimere omfang og spredning af nedfald af radioaktive stoffer ved at benytte eksisterende data. Det blev gjort med traditionel UNSCEAR modellering på basis af data fra før og efter Tjernobylulykken og ved at bruge nedbørsdata til at estimere nedfaldet. Hver metode blev brugt med gode resultater af forskere fra tre nordiske lande og tilsammen blev de brugt af alle de fem nordiske lande og Færøerne.

Målet med BOK-2.1.2, interne doser, var at forbedre metoder til at beregne doser på basis af indtag via fødevarer (indirekte metode) og med helkropsmålinger (direkte metode). Der blev gennemført 2 kurser med praktiske øvelser, kalibrering og interkalibrering af måleinstrumenter, og der blev udarbejdet en håndbog til brug i beredskabssituationer.

BOK-2.1.1 lagde vægt på radioaktive sporstoffer i de nordiske havområder, Tc-99, Cs-137 og i mindre omfang I-129. Der blev lagt mest vægt på udslip af Tc-99 fra Sellafield. Udslippet kulminerede i 1995 og blev fulgt gennem de danske farvande ind i Østersøen (med Cs-137 i modsat retning) og langs den norske kyst til det Arktiske Hav. I projektperioden har man ikke set nogen stigning i koncentration af Tc-99 i færøske havområder, men en stigning er muligvis set i tangprøver fra Islands nordkyst.

BOK-2.2.2 handlede om processer i Østersøen. Der blev lagt mest vægt på evaluering af eksisterende sediment data, at sammenligne med nyere data, forbedre prøvetagningen i den Botniske Bugt og at forbedre viden om sedimentationens betydning for at fjerne radionuklider fra vandsøjlen. Endvidere blev der foretaget undersøgelser af transport af radioaktive stoffer med finske floder til Østersøen.

BOK-2.3 blev introduceret relativt sent i projektperioden for at imødekomme en voksende interesse i brug af massespektrometri til at måle radionuklider. Der blev afholdt et kursus med mulighed for at arbejde med egne prøver og eksperimentere med teknikken.

BOK-2.4 blev også introduceret relativt sent i projektperioden. Det drejede sig om en studie om metodik til at definere undtagelsesniveauer (exemption levels) for radioaktive stoffer i tømmer.

Projektet blev organiseret således, at forskere hos de medvirkende institutioner bidrog med ekstra arbejde uden økonomisk støtte fra NKS. Dette betød, at delprojektets formål måtte gøres bredere, men med flere deltagere i netværket.

BOK-2 projektet har skabt et stimulerende miljø med samarbejde indenfor en række områder af nordisk radioøkologi. Der blev gennemført 8 møder og seminarer i projektperioden. Ifølge deltagerne er det nordiske netværk et af de betydeligste resultater af projektarbejdet.

SBA-1: Trusselbildet fra nukleære installasjoner i Nordens nærområder

Prosjektledare: Inger Margrethe H. Eikermann, Statens strålevern

Dette prosjektet er en av de nye tverrfaglige prosjektene i NKS forskningsprogram 1998-2001. Hovedhensikten med prosjektet var å aggregere allerede foreliggende kunnskap om nukleære trusler i Nordens nærområder, og presentere kunnskapen i en ”kunnskapsbase” presentert ved hjelp av moderne informasjonsteknologi. ”Kunnskapsbasen” vil bli gjort tilgjengelig for de nordiske lands myndigheter og vil kunne fungere som et supplement for arbeidet som gjøres i forbindelse med beredskapsarbeidet i de respektive land.

Prosjektet har fokusert på å finne fram eksisterende beregninger på konsekvenser av hendelser ved nukleære installasjoner for de nordiske land og fokusere spesielt på sårbare næringskjeder, doser til menneske, miljøforurensing og beredskapssystemer.

Prosjektet har konsentrert seg om nukleære installasjoner i et geografisk område som omfatter nordvest Russland og de Baltiske stater.

De nukleære installasjoner som er evaluert i prosjektet har vært kjernekraftverk, skipsreaktorer og lagring og håndtering av brukt brensel og radioaktivt avfall.

Kunnskapsbasen

Hensikten med prosjektet var å jobbe fram en ”kunnskapsbase” som omhandler ulike nukleære trusler i Nordens nærområder. Denne ”kunnskapsbasen” vil i form av moderne informasjonsteknologi som bruk av websider, kunne bli tilgjengelig for myndigheter, media og publikum. Prosjektets hovedmålgruppe var de nordiske lands myndigheter, men prosjektet inneholder også et forprosjekt der det vurderes om websidene kan utvikles til også å være åpne for andre brukergrupper.

Litteraturlagringen er en del av ”kunnskapsbasen” og gir en liste over de viktigste publikasjoner og prosjekter som er produsert i de nordiske land omkring problemområdet nukleære trusler i Nordens nærområde. Publikasjoner med nordiske deltagere står for majoriteten av det innlagte datamateriale, men også andre publikasjoner som er relevant innen problemområdet er inkludert.

Det er avholdt en workshop i løpet av prosjektperioden der eksperter innen de ulike fagområdene som blir omhandlet i ”kunnskapsbasen” kom sammen i Oslo. Det var totalt 35 deltagere fra alle de nordiske land. Det ble presentert ulike undersøkelser innen fagområdet. I tillegg ble det diskutert hvilke kunnskapshull der finnes innen fagområdet og gitt signaler om innenfor hvilke områder de trengs videre studier og som bør utredes hos nasjonale myndigheter og institusjoner.

Supplerende prosjekter:

Kunnskapsbase - åpen nasjonal database

Hensikten med dette prosjektet var å lage en struktur og prinsipper for å gjøre "kunnskapsbasen" til en åpen nasjonal hjemmeside. Prosjektet ble utført i samarbeid med fylkesmannen i Finnmark og NRPA.

Atmospheric transport and deposition of large particles released during the Chernobyl accident

Atmosfæriske utslipp, transport og deponisjon av radioaktive partikler med ulik størrelse og tetthet har vært hovedtema for dette prosjektet. En ny kildeterm beskrivelse av Tsjernobyl ulykken er satt inn i spredningsmodellen SNAP. Prosjektet var et samarbeid mellom DNMI og NLH og resultatet er presentert i DNMI rapport No. 131: "Atmospheric Transport and Deposition of large particles released during the Chernobyl accident".

Nuclear emergency preparedness in the Nordic and Baltic Sea Countries

Hensikten med dette prosjektet var å oppdatere "Håndboken for atomberedskapen i Norden", som beskriver atomulykkeberedskapen i de nordiske landene. I den nye versjonen er bidrag fra Estland, Latvia, Litauen og Polen også inkludert. Den forrige utgaven var bare på norsk (1996). Den nye håndboken er på engelse og bare i en elektronisk form som vil lette framtidige oppdateringer. Arbeidet har blitt ledet fra NRPA i samarbeid med de deltagende landene.

Information Preparedness in nuclear emergencies, NKS Workshop at the Barents Rescue Exercise 2001.

Utgangspunktet for denne workshopen var at det tar for lang tid før myndighetene er i stand til å informere publikum i forbindelse med beredskap. Andre tema var hvordan myndighetene kan sette opp uavhengige kanaler utenom media for å håndtere informasjon i forbindelse med kriser. Myndighetene kan forberede seg ved å bruke nettverk og IT.

Title	Final Summary Report of the Nordic Nuclear Safety Research Program 1998 – 2001
Author(s)	Torkel Bennerstedt (Ed.)
Affiliation(s)	NKS, Nordic Nuclear Safety Research
ISBN	87-7893-123-1
Date	November 2002
Project	NKS/SEK
No. of pages	60
Abstract	The results of the 1998 - 2001 NKS program are presented in the form of executive summaries, highlighting the conclusions, recommendations and other findings and results of the six projects carried out during that period.
Key words	Atmospheric transport; base of knowledge; beta measurement; calibration; caesium; clearance; condition monitoring; criticality analysis; data analysis; decision criteria; deposition; emergency plan; emergency response; Environmental Impact Assessment; exemption level; food chain; gamma spectrometric measurement; gamma spectroscopy; health effect; HRA; human factors; hydrogen; ICP-MS; intercalibration; interlaboratory comparisons; intermediate storage; internal dose; iodine; literature database; maintenance; mass spectrometry; mobile measurements; neutron activity analysis; nuclear exercise; nuclear safety; nuclear threat; PSA; quality assurance; quality systems; radiation monitoring; radioactive material; radioactive source; radioactive waste; radioactive tracer; radioactivity; radioecology; radionuclide; reactor safety; recriticality; remedial action; risk assessment; risk communication; risk-informed decision-making; safety analysis; safety culture; safety indicator; sediment; severe accident; strontium; technetium; transparency; uncertainty; UNSCEAR; vulnerability; waste disposal; waste management; web-accessed information; whole-body counting