



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Forskning

Finansiering av en minnesinstitution efter förslutning av slutförvar för använt kärnavfall

2024:19

Författare: Karim Jebari, Tove Salomonsson
Institutet för framtidsstudier (IFFS), Stockholm

Datum: December 2024

Rapportnummer: 2024:19

ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på www.ssm.se



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Karim Jebari, Tove Salomonsson
Institutet för framtidsstudier (IFFS), Stockholm

2024:19

Finansiering av en minnesinstitution
efter förslutning av slutförvar för
använt kärnavfall

Datum: December 2024

Rapportnummer: 2024:19

ISSN: 2000-0456

Available at www.stralsakerhetsmyndigheten.se

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

Acknowledgments

We extend our deepest gratitude to SSM for commissioning this report, especially Carl-Henrik Pettersson and Maria Nordén for their invaluable guidance throughout the process. Their insights and support have been instrumental in shaping this work.

We also wish to express our sincere appreciation to the IFFS-researchers that were members of our advisory expert group:

- Gustaf Arrhenius, director of the IFFS and professor in practical philosophy and Krister Bykvist, IFFS-researcher as well as professor in practical philosophy at Stockholm University, for their invaluable guidance given their long experience in ethics and future generations.
- Maja Fjaestad, adjunct professor at Luleå University of Technology, docent in history of technology from KTH, expert coordinator at the Center for Health Crises at the Karolinska Institutet as well as affiliated researcher at the IFFS. Her knowledge of the history of technology, specifically when it comes to nuclear technology, has been incredibly helpful.
- Emma Engström, researcher in environmental modeling at KTH and IFFS, supporting the project with her expertise and insight when it comes to considerations for environment, technology and future generations.
- Olle Hammar, IFFS-researcher and economist and assistant lecturer in economics at Linnaeus University, as well as IFFS-researcher, has contributed with ideas connected to financial (and other) aspects.

Their expertise, feedback, and thoughtful contributions were critical to ensuring the quality and relevance of this report.

We would also like to extend our appreciation to the experts who responded to the survey, as well as those kindly responding to the following communications.

Together, your support and collaboration have made this effort possible. Thank you.

Karim Jebari and Tove Salomonsson

Erkännanden

Vi riktar vår djupaste tacksamhet till SSM för att ha beställt denna rapport, särskilt Carl-Henrik Pettersson och Maria Nordén för deras ovärderliga vägledning genom hela processen. Deras insikter och stöd har varit avgörande för att forma detta arbete.

Vi vill också uttrycka vår uppskattning till IFFS-forskarna som ingick i vår rådgivande expertgrupp:

- Gustaf Arrhenius, vd för IFFS och professor i praktisk filosofi och Krister Bykvist, IFFS-forskare samt professor i praktisk filosofi vid Stockholms universitet, för deras ovärderliga vägledning givet deras långa erfarenhet av etik om framtida generationer.
- Maja Fjaestad, adjungerad professor vid Luleå tekniska universitet, docent i teknik-historia från KTH, expertkoordinator vid Centrum för hälsokriser vid Karolinska Institutet samt anknuten forskare vid IFFS. Hennes kunskap om teknikens historia, speciellt när det kommer till kärnteknik, har varit oerhört hjälpsam.
- Emma Engström, forskare i miljömodellering vid KTH och IFFS, stödjer projektet med sin expertis och insikt när det gäller hänsyn till miljö, teknik och framtida generationer.
- Olle Hammar, forskare vid IFFS och nationalekonom och biträdande lektor i nationalekonomi vid Linnéuniversitetet, samt IFFS-forskare, har bidragit med idéer kopplade till ekonomiska (och andra) aspekter.

Deras expertis, feedback och genomtänkta bidrag var avgörande för att säkerställa kvaliteten och relevansen av denna rapport.

Vi vill också uttrycka vår uppskattning till de experter som svarat på undersökningen, såväl som de som vänligen svarade på efterföljande kommunikation.

Tillsammans har ert stöd och samarbete gjort denna insats möjlig. Tack.

Karim Jebari and Tove Salomonsson

SSM perspective

Background and objective

A central principle for today's financing system for the disposal of nuclear material and other radioactive waste arising from the operation and decommissioning of nuclear power plants is the producer responsibility¹. A financing system based on a fee per delivered kilowatt-hour to the so-called The Nuclear Waste Fund. In addition to the fund, the reactor owners' parent company provides financial collateral for the fees that have not yet been paid and costs that may arise due to unforeseen events. The financing system does not include any costs that may arise after final closure, and any surplus in the fund after final closure is returned to the permit holder who build up the fund. According to IAEA's safety standard SSR-5 Requirement 1: *Government responsibilities*, the state is responsibility for clarifying the division of responsibilities and securing financial resources for the disposal of the radioactive waste. Matters that the State must consider include defining the legal, technical and financial responsibilities and, if necessary, providing for any institutional arrangements that can be foreseen to occur after closure.

Sweden has ratified UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) convention on access to information, public participation in decision-making and access to justice in environmental matters, the so-called Aarhus Convention, the purpose of which is described in Article 1 as:

to contribute to the protection of the right of every person of present and future generations to live in an environment adequate to his or her health and well-being, each Party shall guarantee the rights of access to information, public participation in decision-making, and access to justice in environmental matters in accordance with the provisions of this Convention.

It is therefore important that the information on which decisions concerning a radioactive waste repository are based, can be carried forward into the future. This fulfills the part of the Aarhus Convention that aims to promote the right of future generations to live in an environment compatible with their health and well-being. The transfer of information can take place in two ways, gradually from one generation to the next or directly from one generation to a future generation without human interaction. For the direct transfer of information, such as making a marker or placing documents in an archive, the cost is borne by the current generation. In contrast, the gradual transfer of information, whereby information is passed from one generation to the next, means that the costs are shared across generations.

Sweden has also ratified the Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, also called the Joint Convention, whose Article 17. *Institutional measures after closure* states:

Each Contracting Party shall take the appropriate steps to ensure that after closure of a disposal facility:

- i. *records of the location, design and inventory of that facility required by the regulatory body are preserved;*
- ii. *active or passive institutional controls such as monitoring or access restrictions are carried out, if required; and*
- iii. *if, during any period of active institutional control, an unplanned release of radioactive materials into the environment is detected, intervention measures are implemented, if necessary.*

¹ See for example principle 16 of the Rio Declaration on Environment and Development: *National authorities should endeavour to promote the internalization of environmental costs and the use of economic instruments, taking into account the approach that the polluter should, in principle, bear the cost of pollution, with due regard to the public interest and without distorting international trade and investment.*

These steps, of which the first coincides with the wording of the Aarhus Convention on the right to information, entails an intergenerational distribution of the costs. From an economic and ethical perspective, this can be seen as the present generation shifting part of the responsibility for final repository management to future generations. Such a shift of responsibility along the time axis shares final disposal of radioactive waste with many other environmental issues where the benefits are predominantly in the present and the disadvantages in the future. This raises the question of the extent to which today's society, in dealing with long-lived hazardous waste, is shifting the burden to future generations. This is a complex issue involving both estimates of future costs and ethical considerations, which are analyzed and discussed in the report.

Results and conclusions

This report has provided some reflections on the question of what costs can and should be incurred after closure of the final repository for spent nuclear waste. Some measures may be appropriate to take to ensure local community support for the final repository, but these are partly minor and do not require special financing models from the state. The major expense that we believe should be incurred after closure of the final repository is the long-term financing of a memorial institution. This can be justified for three reasons: (1) to prevent damage to the health of future generations, (2) to increase the self-determination of future generations, especially with regard to the possibility of retrieving the fuel, and (3) international commitments and other political reasons. Our conclusion is that, while (1) is not sufficient to justify extensive expenditures, (2) and (3) (each) are sufficient to justify such expenditures. In the international literature on "documents, knowledge and memories", the focus has often been on actions taken at the time of closure that do not require additional costs, such as warning symbols, sculptures and/or printed information material. We have argued that these measures are not sufficient to achieve (2), especially with regard to the possibility of retrieving the fuel. Therefore, we argue, an institution that can actively manage, translate and transmit documents, knowledge and memories should be funded: a memorial institution.

We have also discussed how long it is reasonable to fund a memorial institution, and argue that 300 years after closure is a reasonable timeframe. Based on this timeframe, we do not believe that special types of funding are needed to ensure the resilience of the memorial institution. The cost of such an institution will not be a large proportion of the state budget. Instead, we highlight a number of concrete suggestions on how such an institution could be designed to increase its institutional resilience in relation to politicians and other decision-makers. Finally, we also provide some recommendations that may be of value to increase the resilience of the memory institution in the unlikely scenario where government structures cease to exist for some time.

Recommendations

- Given the proper functioning of KBS-3, no costly measures related to environmental protection are justified after the closure of the repository.
- Costs related to civil society support and continued research relevant to the repository are justified, even if KBS-3 is functioning properly.
- Costs related to informing future generations are also justified.
- Only a memory institution can with a reasonable probability transmit information to future generations. Texts, pictures, symbols and others are insufficient.
- There are three main reasons (from a governmental perspective) why a memorial institution should be built:
 - Sweden has committed itself in international treaties and agreements to do so.
 - Promotes the right of future generations to make informed choices.
 - Enables future generations to reuse nuclear fuel.
- A memorial institution should be created, either as an independent institution or as part of a similar authority, such as the National Archives.
- The memorial institution should be designed in such a way that it can be expected to exist for at least 300 years. To ensure such longevity, a number of concrete measures have been discussed in this report.
- The cost of such an institution is expected to be lower than, but of the same order of magnitude as, the National Archives.
- We propose that the memorial institution be financed by funds from the Nuclear Waste Fund.

Projekt information

Kontakt person SSM: Carl-Henrik Pettersson
Referens: SSM2022-4348/ 4530781

SSM perspektiv

Bakgrund och syfte

En central princip för dagens finansieringssystem för omhändertagandet av kärnämne och övrigt radioaktivt avfall som uppkommit vid drift och avveckling av kärnkraftverk är producentansvarsprincipen¹. Ett finansieringssystem som grundas på en avgift per levererad kilowattimme till den s.k. Kärnavfallsfonden. I tillägg till fonderade medel ställer reaktorinnehavarnas moderbolag säkerheter (moderbolagsborgen) för de avgifter som ännu inte är inbetalda samt kostnader som kan uppstå på grund av oförutsedda händelser. Finansieringssystemet omfattar inte eventuella kostnader som kan uppstå efter slutlig förslutning, utan eventuellt överskott i fonden efter slutgiltig förslutning återbetalas till den tillståndshavare som fonderat medlen. I IAEA:s säkerhetsstandard SSR-5 Requirement 1: *Government responsibilities* framgår statens ansvar för att tydliggöra ansvarsfördelningen och säkrandet av finansiella resurser för omhändertagandet av det radioaktiva avfallet. Frågor som staten måste beakta inkluderar att definiera det juridiska, tekniska och ekonomiska ansvaret och, om nödvändigt, tillhandahålla eventuella institutionella arrangemang som kan förutses förekomma efter förslutning.

Sverige har ratificerat UNECE:s (United Nations Economic Commission for Europe) konvention om tillgång till information, allmänhetens deltagande i beslutsprocesser och tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor, den s.k. Århuskonventionen, vars syfte beskrivs i artikel 1 som:

att bidra till att skydda den rätt som var och en i nuvarande och framtida generationer har att leva i en miljö som är förenlig med hans eller hennes hälsa och välbefinnande skall varje part garantera rätten att få tillgång till information, allmänhetens rätt att delta i beslutsprocesser och rätten att få tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor i enlighet med bestämmelserna i denna konvention.

Det är därför av vikt att informationen som ligger till grund för beslut rörande ett slutförvar för radioaktivt avfall kan föras vidare in i framtiden efter att slutförvaret är slutligt förslutet. Därigenom uppfylls den del av Århuskonventionen som syftar till att främja framtida generationers rätt att leva i en miljö som är förenlig med hans eller hennes hälsa och välbefinnande. Informationsöverföringen kan ske på två sätt, succesivt från en generation till den nästföljande eller direkt från en generation till en framtida generation utan mänsklig interaktion. För den direkta informationsöverföringen, exempelvis att tillverka en markör eller placera dokument i ett arkiv, är det den nuvarande generationen som bär kostnaden. Den successiva informationsöverföringen, vilket innebär att informationen förs över från en generation till den nästföljande, medför däremot att kostnaderna fördelas över generationerna.

Sverige har även ratificerat konventionen om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall den s.k. *Joint Convention*, vars Artikel 17 *Föreskrivna åtgärder efter förslutning* lyder:

Varje fördragsslutande part skall vidta lämpliga åtgärder för att, efter förslutning av en slutförvarsanläggning, säkerställa att:

- i. *handlingar som beskriver anläggningens förläggning, utformning och innehåll, som krävs av tillsynsorganet, bevaras,*
- ii. *föreskrivna aktiva eller passiva kontroller, såsom övervakning eller tillträdesbegränsning utförs, om så är nödvändigt, samt*
- iii. *om, under den tid då aktiv föreskriven kontroll pågår, ett oplanerat utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen upptäcks, ingripande åtgärder skall vidtas, om så är nödvändigt.*

¹ *Se exempelvis Rio deklARATIONEN sextonde princip: Nationella myndigheter bör sträva efter att främja internalisering av miljökostnader och användandet av ekonomiska styrmedel, med beaktande av att förorenaren, i princip, ska bära kostnaderna för föroreningarna. Hänsyn ska härvidlag också tas till det allmännas intressen och tillämpningen ska ske på sådant sätt att det inte medför störningar i den internationella handeln och investeringarna.*

Dessa åtgärder, varav den första sammanfaller med den ovan angivna Århuskonventionens skrivning om rätten till information, innebär likaså en kostnadsfördelning över generationerna efter förslutning. Vilket ur ett ekonomiskt och etiskt perspektiv kan ses som att nuvarande generation skjuter delar av ansvaret för slutförvarshandlingen på kommande generationer. En sådan förskjutning av ansvar längs tidsaxeln delar slutförvaring av radioaktivt avfall med många andra miljöfrågor där fördelarna företrädesvis ligger i nutiden och nackdelarna i framtiden. Det väcker frågan i vilken utsträckning dagens samhälle vid hanteringen av långlivat farligt avfall skjuter bördan till framtida generationer. En komplex fråga som berör såväl uppskattningar av framtida kostnader som etiska överväganden, vilket analyseras och diskuteras i rapporten.

Resultat och slutsatser

Denna rapport har bidragit med några reflektioner i frågan om vilka kostnader som kan och bör tillkomma efter förslutning av slutförvaret av använt kärnavfall. En del åtgärder kan vara lämpliga att vidta för att försäkra sig om lokalsamhällets stöd för slutförvaret, men dessa är dels ringa och kräver inte särskilda finansieringsmodeller från statens sida. Den stora utgiften som vi ser bör tillkomma efter en förslutning av slutförvaret är den långsiktiga finansieringen av en minnesinstitution. En sådan kan motiveras av tre skäl: (1) förhindra skador på framtida generationers hälsa, (2) öka självbestämmandet för framtida generationer, framför allt med avseende på möjligheten att återta bränslet, och (3) internationella åtaganden och andra politiska skäl. Vår slutsats är att även om (1) inte är tillräcklig för att motivera omfattande utgifter, så är (2) och (3) (var och en) tillräckliga för att motivera sådana utgifter. Inom den internationella litteraturen om "handlingar, kunskap och minnen", har fokus ofta varit på åtgärder som vidtas i samband med förslutningen, och som sedan inte kräver ytterligare kostnader, till exempel varningssymboler, skulpturer och/eller tryckt informationsmaterial. Vi har argumenterat för att dessa åtgärder inte är tillräckliga för att uppnå (2), särskilt inte med avseende på möjligheten att återta bränslet. Därför, menar vi, bör en institution som aktivt kan förvalta, översätta och förmedla handlingar, kunskap och minnen finansieras: en minnesinstitution.

Vi har även diskuterat hur länge det är rimligt att finansiera en minnesinstitution, och argumenterar för att 300 år efter förslutning är en rimlig tidsram. Utifrån denna tidsram menar vi att det inte behövs särskilda typer av finansiering för att säkerställa minnesinstitutionens resiliens. Kostnaden för en sådan institution kommer inte att vara en stor andel av statsbudgeten. Istället lyfter vi fram en rad konkreta förslag på hur en sådan institution kan utformas för att öka dess institutionella resiliens i relation till politiker och andra beslutsfattare. Slutligen ger vi även några rekommendationer som kan vara av värde för att öka minnesinstitutionens resiliens i det osannolika scenariot där statliga strukturer under en viss tid upphört att existera.

Rekommendationer

- Givet att KBS-3 fungerar som det ska, är inga kostsamma åtgärder relaterade till miljöskydd motiverade efter förslutningen av slutförvaret.
- Kostnader relaterade till civilsamhällets stöd och fortsatt forskning av relevans för slutförvaret är motiverade, även om KBS-3 fungerar som det ska.
- Kostnader relaterade till att informera framtida generationer är också motiverade.
- Endast en minnesinstitution kan med en rimlig sannolikhet överföra information till framtida generationer. Texter, bilder, symboler och annat är otillräckliga.
- Det finns huvudsakligen tre skäl (ur ett statligt perspektiv) som motiverar att en minnesinstitution bör byggas:
 - Sverige har i internationella avtal och överenskommelser åtagit sig att göra det.
 - Främjar framtida generationers rätt till att fatta informerade val.
 - Möjliggör för framtida generationer att återanvända kärnbränslet.
- En minnesinstitution bör skapas, antingen som en självständig institution eller som en del av en liknande myndighet, som till exempel Riksarkivet.
- Minnesinstitutionen bör utformas på ett sätt så att den kan förväntas att existera i minst 300 år. För att försäkra sig om en sådan lång livslängd, har ett antal konkreta åtgärder diskuterats i denna rapport.
- Kostnaden för en sådan institution förväntas vara lägre än, men i samma storleksordning som Riksarkivet.
- Vi föreslår att minnesinstitutionen bekostas av medel från Kärnavfallsfonden.

Projekt information

Kontakt person SSM: Carl-Henrik Pettersson
Referens: SSM2022-4348/ 4530781

Sammanfattning

Den 27 januari 2022 beslutade Regeringen att ett geologiskt slutförvar av använt kärnbränsle skulle byggas i Forsmark, Östhammars kommun. Många länder arbetar för att upprätta egna permanenta djupförvar för högaktivt kärnavfall som det som nu har beslutats om, och planeras, i Sverige. Denna typ av förvar anses vara så säker att inga ytterligare åtgärder kommer att behövas. Metoden som avses användas i Sverige och Finland, KBS-3, syftar till att säkerställa att miljön och framtida generationer inte kommer att utsättas för radiologisk risk. Men detta möjliggörs bland annat genom att framtida generationers möjligheter att fatta andra beslut med avseende på kärnbränslet begränsas eller försvåras, relativt metoder som har föreslagits i andra länder.

Vi argumenterar för att det enda sättet att på ett robust och hållbart sätt förmedla kunskap, handlingar och minnen till framtiden är att skapa en minnesinstitution som kan aktivt förvalta, översätta och vidarebefordra kunskapen till nästkommande generationer. Rapporten argumenterar för att en sådan institution kan huvudsakligen motiveras av två skäl:

1. den skulle kunna reducera risken för framtida generationers liv och hälsa,
2. den skulle underlätta för framtida generationer att återanvända kärnbränslet.

Eftersom det första skälet har dominerat diskussionen kring minnesinstitutioner, försökte vi kvantifiera hur mycket risk framtida generationer skulle utsättas för i ett scenario där slutförvaret fungerar som det ska, men där kunskapen om slutförvaret gått förlorad. Här tog vi hjälp av ett antal experter inom relevanta ämnen som svarade på ett antal enkätfrågor.

Resultatet av enkätstudien visar att en minnesinstitution i sig inte skulle reducera risken särskilt mycket. Därför menar vi att (2) är det främsta skälet till att finansiera en minnesinstitution. I ljuset av detta menar vi att en rimlig tidshorisont för en minnesinstitution är 300 år. Eftersom vi kan förvänta oss att någon form av stat kommer att existera, så blir frågan om finansiering inte lika svår. En minnesinstitution är inte en betydande kostnad för en stat.

I det avslutande kapitlet diskuteras olika möjligheter och lärdomar som kan tillämpas för att öka minnesinstitutionens långsiktiga överlevnad och robusthet, både i ett ”standardscenario”, där en välfungerande stat existerar, och i ett scenario där en social kollaps ägt rum.

Summary

On January 27, 2022, the Government decided that a geological repository for spent nuclear fuel would be built in Forsmark, Östhammar municipality. Many countries are working to establish their own permanent deep repositories for high-level nuclear waste such as the one now decided on, and planned, in Sweden. This type of repository is considered so safe that no further measures will be needed. The method to be used in Sweden and Finland, KBS-3, aims to ensure that the environment and future generations will not be exposed to radiological risk. But this is made possible, among other things, by limiting or hindering the ability of future generations to make other decisions with respect to the nuclear fuel, relative to methods that have been proposed in other countries.

We argue that the only way to robustly and sustainably transmit knowledge, documents and memories to the future is to create a memory institution that can actively manage, translate and pass on knowledge to future generations. The report argues that such an institution can be justified mainly for two reasons:

1. it could reduce the risk to the life and health of future generations
2. it would make it easier for future generations to reuse nuclear fuel.

Since the first reason has dominated the discussion on memory institutions, we tried to quantify how much risk future generations would be exposed to in a scenario where the repository is functioning properly, but where knowledge about the repository has been lost. To do this, we enlisted the help of a number of experts in relevant subjects who answered a number of survey questions.

The results of the survey show that a memory institution in itself would not reduce the risk very much. Therefore, we believe that (2) is the main reason for funding a memorial institution. In light of this, we believe that a reasonable time horizon for a memorial institution is 300 years. Since we can expect that some form of state will exist, the question of funding is not as difficult. A memorial institution is not a significant cost for a state.

The concluding chapter discusses various options and lessons that can be applied to increase the long-term survival and robustness of the memorial institution, both in a “default” scenario, where a well-functioning state exists, and in a scenario where a social collapse has taken place.

Innehåll

1. Inledning	1
2. Bakgrund	2
2.1 Vad är använt kärnbränsle?	2
2.2 Vald metod för slutförvar: KBS-3.....	3
2.3 Internationella erfarenheter av hanteringen av använt kärnbränsle	5
3. KBS-3 och framtida kostnader	8
3.1 Möjliga åtgärder som avser övervakning, information och kunskap	8
3.1.1 Övervakning	9
3.1.2 Åtgärder för att främja civilsamhällets och lokalsamhällets förtroende	10
3.1.3 Arbete för att utökad förståelse och kunskap	10
3.2 Hantering av annat långlivat farligt avfall i Sverige	10
3.3 Slutsatser	12
4. Bevarande av information, kunskap och minnen	13
4.1 Historia och initiativ	13
4.2 Språk, och kommunikation med framtiden	14
5. Expertenkät	18
6. Hur länge bör en minnesinstitution finnas?	22
6.1 Hur mycket är ett liv värt?	23
6.2 Kan risker mot människor motivera en minnesinstitution?	25
6.3 Bevarandet av information, kunskap, möjligheter och minnen.....	25
6.4. Kan kärnbränslets värde motivera en minnesinstitution?.....	28
6.5. Politiska skäl	31
6.5.1 Internationella avtal och konventioner.....	31
6.5.2 Legitimitet.....	32
7. Vad är en institution, och varför behövs institutioner?	34
7.1. Institutioner.....	34
7.2 Minnesinstitutioner	35
7.3 Finansiering för en minnesinstitution.....	37
8. Framgångsrecept	39
8.1 Politisk långsiktighet.....	39
8.1.1 Bristande politiskt stöd	39
8.1.2 Organisatorisk avvikelse	41
8.2 Överlevnad efter en hypotetisk kollaps	41
8.2.1 Utmaningar för en minnesinstitution i händelse av social kollaps	43
9. Slutsatser	45
10. Referenser	47

Appendix I: Detaljerad metodbeskrivning	54
Appendix II: Utskick.....	56
Appendix III: Enkätfrågor	57
Appendix IV: Enkätdata	60

1. Inledning

Rapporten inleds med en presentation av de nuvarande planerna för det svenska slutförvaret för använt kärnbränsle, samt internationella jämförelser av alternativa planer för hantering av använt kärnbränsle. I följande del, kapitel tre, beskrivs kärnan i detta uppdrag: att identifiera behovet av finansieringssystem efter stängning av slutförvaret. Sannolika åtgärder identifieras, och denna möjliga framtid kontrasteras med nutidens och dåtidens erfarenheter från hantering av annat farligt avfall.

I den delen poängteras det mest betydande behovet för ingripande, inte bara efter, men också före stängning av slutförvaret för använt kärnbränsle: kunskaps- och informationsbevarande. I kapitel fyra redogör rapporten för bakgrunder och svårigheter, nämligen att för att realistiskt kunna göra mått på vilka krav detta ställer mer exakt, behöver en tidsram för initiativet fastställas. Denna behöver vara realistisk och långsiktig. Därför genomfördes en expertenkät, som beskrivs i kapitel fem. Här återges ämnesexperters syn på ett urval av tidsramar ur perspektivet från ett olyckligt framtidsscenario för att uppskatta en tidpunkt då faran uppskattas mycket låg, och därmed värdet av informationen. Experternas synpunkter om värdet av informationsbevarande redogörs också.

Diskussionen formas vidare i kapitel sex, där värdet av en minnesinstitution för ett slutförvar för använt kärnbränsle motiveras ur en rad olika relevanta frågor. Hur en sådan institution och finansieringen för detta sedan skulle kunna se ut belyses i kapitel sju. Delen därefter lägger fram vidare risker för det tänkta initiativets institutionella långsiktighet, och medföljande risker, som en hypotetisk social kollaps. I sista kapitlet presenteras sammanfattningsvis slutsatser och därvid följande rekommendationer.

2. Bakgrund

Regeringen har gett Svenskt Kärnbränsle Aktieföretag (SKB) tillstånd att uppföra, inneha och driva en anläggning för slutförvaring av kärnämne och kärnavfall i Forsmark, Östhammars kommun (Miljödepartementet, 2022). Enligt beslutet förväntas anläggningen ha avslutat huvudsaklig drift och fullbordat en avveckling (som innebär förslutning av anläggningsdelar under mark och rivning av anläggningsdelar ovan mark) efter en tidsperiod på 70 år, varvid det slutliga ansvaret övergår till staten.

Beslutet framhåller även betydelsen av kunskaps- och informationsöverföring till kommande generationer. Detta är en utmaning som ännu inte har utretts fullständigt. Såväl svenska som internationella organisationer försöker bestämma hur ett system för informationsbevarande kan utformas och upprätthållas. Den här rapporten utgör ett bidrag i det arbetet. Rapporten syftar till att utifrån ett filosofiskt perspektiv analysera kraven för en långsiktigt hållbar lösning för kunskaps- och informationsöverföring och bevarande. Detta innefattar generationsöverskridande modeller för kommunikation, kunskapshandling, ansvar, och finansiering. Föreliggande rapport utreder också de etiska och normativa frågor gällande risk, hållbarhet och framtida generationer som blir aktuella tiden efter förseglingen av ett slutförvar av använt kärnbränsle.

2.1 Vad är använt kärnbränsle?

I kärnreaktorerna som används i Sverige används uran som består av två isotoper, uran-238 och uran-235. Av detta är ungefär 3 % uran-235, och det är denna del av uranet som genomgår fission (klyvbart uran).

Tabell 1: Sammansättning (viktprocent) av använt bränsle (från en lättvattenreaktor) vid uttag ur reaktorn.

Ämnen	Viktprocent
Uran	92,3 %
Fissionsprodukter	6,2 %
Plutonium (varav cirka 75 % klyvbart)	1,3 %
Övriga aktinider	0,16 %

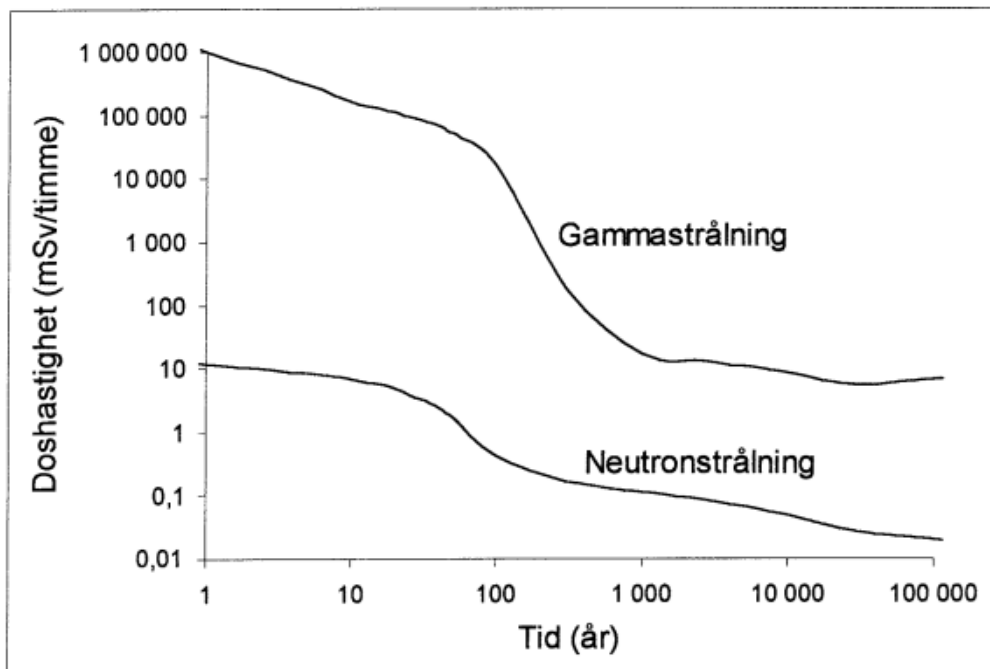
Tabell hämtad från rapport SKB P-13-33 (Forsström, 2013, s. 15), (Tabell 1-1).

Det som blir kvar av uran-235 som genomgår fission kallas fissionsprodukter, och är generellt sett lättare (färre protoner/neutroner i atomkärnan) än uran. När det använda bränslet tas ut från reaktorn utgörs det av 6 % av sådana produkter, beroende på reaktortyp. Det är dessa fissionsprodukter som är den huvudsakliga källan till radioaktivitet. Bland dessa finns element med väldigt kort halveringstid, vilket innebär att de avger väldigt mycket strålning, men också att de är kortlivade. Generellt sett är mängden strålning från en given mängd radioaktivt material relaterad till halveringstiden. Det är när atomkärnorna i ett ämne sönderfaller som atomerna avger strålningen. Det innebär, enkelt uttryckt, att kraftigt radioaktiva ämnen är kortlivade och svagt radioaktiva ämnen är långlivade.

Ett exempel på ett mycket radioaktivt ämne är niob-95, som har en halveringstid på 35 dagar. Efter ungefär ett år har mängden niob-95 alltså halverats tio gånger, vilket innebär att mycket lite finns kvar av denna isotop. Även om mycket kortlivade fissionsprodukter

gör avfallet kraftigt radioaktivt, är det de fissionsprodukter med längre halveringstid, ungefär ≥ 30 år, som utgör den svåraste utmaningen ur ett samhällsperspektiv. Bland dessa återfinns isotoperna strontium-90 och cesium-137. Dessa ämnen har en halveringstid som är så pass lång att de finns kvar i avfallet under lång tid, samtidigt som den är tillräckligt kort för att de ska vara kraftigt radioaktiva. Efter 100 år, då radioaktiviteten har avtagit kraftigt från mer kortlivade element som niob-95, återstår en stor del av de isotoper med livslängd ≥ 30 år, vilket gör att bränslet i sin helhet fortfarande är mycket radioaktivt. Denna radioaktivitet avtar dock så småningom och efter 300 år har mängden strontium-90 och cesium-137 halverats tio gånger. Det innebär att 100 kg av dessa ämnen efter 300 år har reducerats till cirka 100 gram.

500 år efter det att bränslet har lämnat reaktorn kommer risken att ha avtagit väsentligt. 1 ton kärnbränsle på 1 meters avstånd åsamkar då ungefär 50 millisievert på en timme. Det motsvarar ungefär vad den maximala dosen för en arbetare på ett kärnkraftverk får utsättas för på ett år, se kapitel 2 i Strålskyddsförordning (SFS 2018:506).



Figur 1. Förväntad stråldos i millisievert/timme på 1 meters avstånd från ett ton använt kärnbränsle vid olika tidpunkter efter att det tagits ur drift. Logaritmiska axlar för att längre tidsperioder ska kunna överblickas. Figuren är hämtad från rapport SKB R-97-02 (Hedin, 1997, s. 23, figur 3–8b).

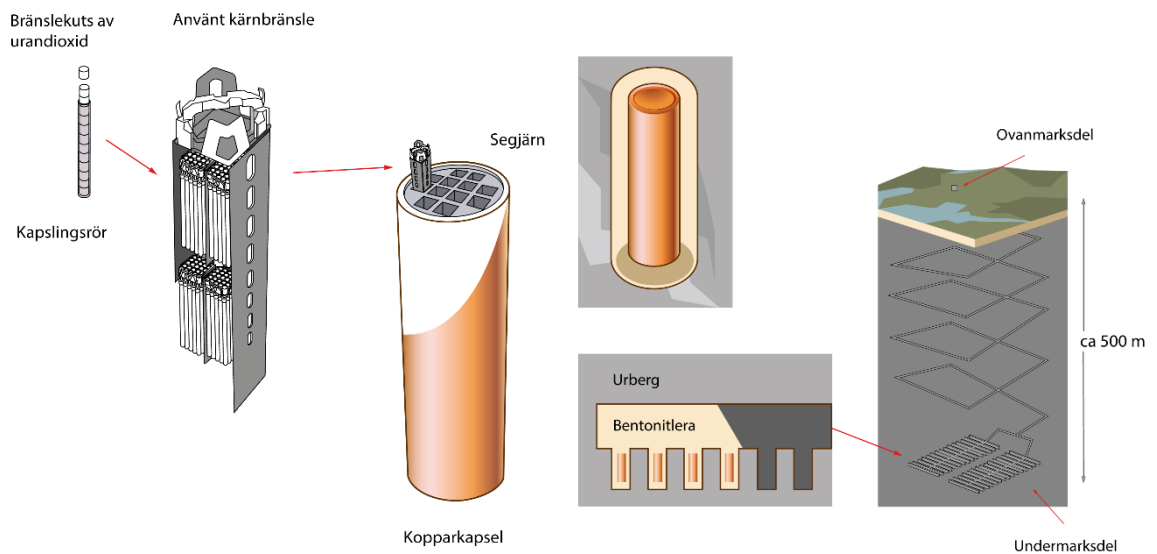
2.2 Vald metod för slutförvar: KBS-3

Metoden för omhändertagande av använt kärnbränsle har utvecklats i Sverige sedan 1970-talet och innebär inkapsling och deponering av använt kärnbränsle i berg. Metoden har omarbetats många gånger efter teknisk och vetenskaplig granskning (Anshelm, 2006) och har resulterat i framtagandet av den s.k. KBS-3 metoden. Det råder enighet på europeisk nivå att deponering djupt ner i berggrunden, som rådets direktiv 2011/70 gör tydligt: [...] *utgör det säkraste och mest hållbara alternativet som slutpunkt för hanteringen av högaktivt avfall och använt kärnbränsle som betraktas som avfall.* Metoden baseras på ett underjordiskt slutförvar i urberget, som anläggs i en bergvolym

med tillräckligt gynnsamma hydrogeologiska, geologiska och geokemiska egenskaper. För att minska påverkan av miljöförändringar eller händelser ovan jord är förläggingsdjupet satt till ca. 500 meter.

KBS-3-systemets primära funktion är att barriärsystemet kan innesluta radionukliderna i de deponerade kapslarna. Om kapselns inneslutande förmåga går förlorad är barriärsystemets sekundära funktion att fördröja spridningarna av radionuklider. Dessa funktioner ska isolera det använda bränslet från människa och miljö under så lång tid att radioaktiviteten inte längre utgör en någon risk (SKB, 2022).

Bränslestavar sammanställs i bränsleelement, som placeras i en kapsel med lastbärande insats av segjärn täckt av ett 5 centimeter tjockt cylindriskt kopparhölje för att skydda mot korrosion. Den rymmer antingen tolv BWR-element (bränsle från kokvattenreaktor, "Boiling Water Reactor") eller fyra PWR-element (bränsle från tryckvattenreaktor, "Pressurized Water Reactor"). Cylindern är ca 5 meter lång och diametern ca 1 meter. Kapseln placeras i deponeringshål på ca 500 m djup i urberget. Dessa deponeringshål täcks av högkompakterad bentonitlera, ett material som sväller i kontakt med grundvattnet. Deponeringshålen borras med avstånd som tar temperatur i beaktning, då det använda bränslet avger värme som behöver kontrolleras. När det blir tid att försluta förvaret fylls de olika delar av undermarksanläggningen med bentonit respektive krossat berg (SKB TR-21-01).



Figur 2. Illustration av KBS-3 metoden.

2.3 Internationella erfarenheter av hanteringen av använt kärnbränsle

Hur lång vägen fram till ett permanent slutförvar för använt kärnbränsle är skiljer mellan olika länder. I Nederländerna gäller, till exempel, en princip om att förvara allt radioaktivt bränsle ovan jord i minst 100 år för att optimera kontroll, isolering och hantering. Därför förväntas inte ett slutförvar behöva upprättas förrän år 2080 (Arentsen, 2015). Förutom Nederländerna har även Spanien och Italien valt att genomföra ett centraliserat förvar ovan mark för använt kärnbränsle. I Spaniens fall, i väntan på en bättre lösning. För Italien så skedde detta på grund av en stark motsättning för deponering i berggrunden. I alla dessa fall är förvaringen av högaktivt avfall i dessa förvar endast tillfällig och lösningen innebär säkerhetsrisker och underhållskostnader som ett geologiskt slutförvar inte kräver. (Di Nucci, 2015)

Tysklands slutförvarsprojekt kännetecknas av krav på långa tidshorisonter för att lova högsta möjliga säkerhet. Till exempel ska kapslarna innehållande kärnavfallet klara kravet att kunna hanteras 500 år efter förslutning (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), 2014). Den långa tidsperioden kommer att ha betydelse för material och designtänk. Exempelvis förvaras det högaktiva avfallet nu i kapslar med två lock som länge har använts för provisorisk förvaring och transport (Kandemir & Jussofie, 2019). Av säkerhetsskäl måste även återtag kunna garanteras under den period som deponering sker, så att eventuella fel kan åtgärdas (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV), 2012).

Frankrike skickade in ansökan för uppförande av Cigéo-projektet år 2023 (French national radioactive waste management agency (ANDRA), 2023). Då Frankrikes kärnkraftsprogram innefattar upparbetning, en typ av återanvändning av det använda kärnbränslet, paketeras det högaktiva avfallet förglasat i avfallsbehållare av rostfritt stål. Enligt fransk lag om programmet för hållbar hantering av radioaktivt material och avfall (No. 2006-739 artikel 5 och 12) samt den lag som specificerar villkoren för att skapa en reversibel lagringsanläggning i en djup geologiskt formation för långlivat hög- och medelaktivt radioaktivt avfall (No.2016-1015), måste vald slutförvarsmetod garantera en omvändbarhet i deponeringsprocessen under minst 100 år med syftet att ge flexibilitet för framtida beslutsfattande (. Ett krav som även medför krav på övervakning fram till slutgiltig förslutning, vilket måste beaktas vid utformningen av anläggningen. Övervakningen får dock inte sänka slutförvarets skyddsnivå (Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), 2008).

Varken omvändbarhet i deponeringsprocessen eller återtagbarhet efter förslutning är ett internationellt krav, utan en aspekt av processen som individuella länder väljer efter sina särskilda behov, som i fallet för Frankrike var ett sätt att hantera politiska motsättningar (Lagerlöf m fl., 2022). Enligt en teknisk rapport från IAEA (No. NW-T-1.19, 2009) bör graden av omvändbarhet vägas mot potentiellt högre risk för arbetare och försämrade långsiktig säkerhet, komplexitet i konstruktionen, betydande extra kostnader, samt framtida sociopolitisk instabilitet som kan orsaka att projektet överges innan slutförvaret är slutgiltigt förslutet. Samtidigt införlivar möjlighet till återhämtande ett offentligt förtroende i och med att beslutet då är reversibelt. Det möjliggör även framtida nyttjande av värdefulla resurser, flexibilitet vad det gäller korrigering av konstruktionen vid fel eller uppkomst av tekniska framsteg som garanterar ett säkrare förvar eller en metod för

ofarligt bortskaffande. Omvändbarhet har också etisk betydelse då det tryggar framtida generationers möjlighet till egna beslut i frågan (IAEA, 2009).

Möjliga koncept som kräver finansiellt stöd och ansvar från staten efter stängning lyfts i beskrivningen av programmet för hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall i Finland. Dessa innefattar tillsyn av kärnmaterial så att förvaringen överensstämmer med framtidens eventuella lagändringar, isolering från mänsklig aktivitet och övervakning, kontroll av säkerhet och miljö, samt en förbindelse att se till så relevant dokumentation bevaras och överlever till framtida generationer (Kumpula med flera 2022). Gällande koncept och planer som gäller tiden efter stängningen av slutförvaringsanläggningarna görs bedömningen att:

Det är inte ändamålsenligt att vidta de ovannämnda åtgärderna flera tiotals år innan det blir aktuellt att stänga slutförvaringsanläggningar, eftersom omvärlden kan förändras väsentligt under årtiondenas lopp. Lagstiftningen och myndighetsanvisningarna ses över med jämna mellanrum och behövliga tillägg kan göras så småningom. Det är bra att föra preliminära linjediskussioner om hur uppgifterna ska bevaras permanent och fundera på lämpliga tillvägagångssätt med tanke på att uppgifterna behöver bevaras i flera hundra år. Dessutom är det bra att redan i god tid ange vilka uppgifter som ska bevaras. Det nationella målet kan anses vara att preciserade tillståndsförfaranden för stängningen, de tekniska kraven samt ansvaret för verksamheten jämte överföringar av ansvaret fastställs ungefär tio år innan det enligt planerna blir aktuellt att stänga den första slutförvaringsanläggningen. (Kumpula med flera 2022, s 70)

I Sverige gäller för tillfället samma kriterier som i Finland. När slutförvaret permanent förslutits och alla strukturer ovan mark är rivna är avsikten att det inte ska krävas några ytterligare ingripanden. Men sannolikt kommer en institutionell kontroll och tillsyn av platsen att fortgå.

Andra länders tillvägagångssätt kan hjälpa oss urskilja möjliga åtgärder som skulle kunna vidtas efter förslutning av slutförvaret.

Uppfattningen om hur lång tid som en säkerhetsanalys för ett permanent slutförvar för använt kärnbränsle ska innefatta skiljer sig väsentligt mellan olika länder, från 10 000 år (Frankrike) till 1 miljon år (Tyskland). Att lova att inget använt kärnbränsle ska komma i kontakt med ytan i upp till en miljon år är principiellt omöjligt för nuvarande möjliga lösningar för ett slutförvar. Denna aspekt, i samspel med motstånd från allmänheten, frammanar en försiktighet som gör att beslutsfattare tenderar att överlämna beslutet, därmed ansvaret, till framtida generationer. Förhoppningen är att en säkrare metod för förvar av kärnbränsle ska utvecklas i framtiden, och att generationer som då existerar ska då verkställa den efter att ha uppnått en bredare acceptans bland befolkningen. Detta innebär en oundviklig kostnad för initiativ som kan säkra en sådan process och ett antagande att framtida generationers tekniska, ekonomiska och institutionella kapacitet kan säkerställa att avfallet omhändertas på ett säkert sätt. Antaganden som förlitar sig på att dagens situation fortgår, och förutsätter att framtidens generationer har bättre förutsättningar att ta hand om avfallet. Båda antagandena är osäkra.

Delaktighet för civilsamhället och transparens har varit väsentligt historiskt och internationellt sett, för genomförbarheten av olika typer av förvar av radioaktivt material.

Dessa förvar har varit kontroversiella, och har krävt information, kommunikation och deltagande med befolkningen som kan komma att påverkas.

De länder som i nuläget siktar på tillfälliga förvaringslösningar anammar den så kallade "wait-and-see"-strategin (IAEA 2021). Dessa länder (exempelvis Nederländerna), har för det mesta betydligt mindre mängder använt kärnbränsle att hantera. För Sverige är detta inte en genomförbar strategi, då våra tillfälliga förvar börjar närma sig gränsen för sin kapacitet.

3. KBS-3 och framtida kostnader

Sveriges beslut att godkänna uppförandet av ett slutförvar för kärnavfall faller inom ramen för de globala utvecklingsmålen presenterade i FN:s handlingsplan Agenda 2030. En gedigen genomarbetad plan för en permanent lösning är ett första steg i att säkerställa miljövänlig hantering av kärnavfall genom hela livscykeln, (Mål 12: Hållbar konsumtion och produktion).

Den gällande principen i EU, som är av central relevans för hantering av använt kärnbränsle, är principen om att förorenaren betalar ("the polluter pays principle") (European Commission, 1999). I detta sammanhang innebär det att producenterna har ett ansvar att betala för att ta hand om avfallet. Som nämnt ovan behåller de som producerar avfallet i Sverige ansvaret, inte bara så länge som reaktorer är i drift, utan till den dag avfallet kan anses som fullständigt hanterat (International Atomic Energy Agency, 2021). Staten avgör när ett slutförvar uppfyller kraven för att fullborda förslutningen, och kostnader som uppkommer därefter är statens ansvar (5 § kärntekniklagen).

3.1 Möjliga åtgärder som avser övervakning, information och kunskap

KBS-3 systemet har designats som ett system som förlitar sig på passiv säkerhet, och där inga särskilda åtgärder ska behövas efter att förslutningen skett. Passiv säkerhet är en designprincip där säkerheten är ett resultat av hur systemet är designat, och inte förlitar sig på att en aktör ska aktivt ingripa. För att exemplifiera: man kan öka brandsäkerheten i ett rum genom att installera en brandsläckare, men en sådan kräver att det finns någon i rummet som kan använda brandsläckaren. Ett annat sätt att öka brandsäkerheten är att minska mängden brännbart material i rummet. Om det inte finns lika mycket material som kan brinna, kommer en eventuell brand att bli mindre, oavsett om det finns någon närvarande.

Centralt för principen om passiv säkerhet är det som filosofen Sven-Ove Hansson kallar för "multipla diversifierade säkerhetsbarriärer" (Hansson, 2010, Möller et al., 2018). En säkerhetsbarriär är en del av ett system som kan förhindra en olycka. Det finns många exempel på dessa. En typisk sådan är vajerräcken längs motorvägarnas mitträcken, som har för avsikt att förhindra bilar från att köra in på fel körfält. Ingen barriär är dock ofelbar, och det är möjligt för fordon som kör tillräckligt fort att forcera vajerräcken. Därför behöver passiva säkerhetssystem många olika typer av barriärer som oberoende av varandra kan förhindra en olycka. I en trafiksituation kan ett sådant system innebära en kombination av vajerräcken med ett större avstånd mellan vägarna, ett dike eller vegetation. Varje barriär i detta system bidrar till att minska risken för kollision med mötande trafik, och genom att barriärerna är olika varandra, bidrar de även till att reducera risken för olika typer av fordon som kan tänkas utgöra faran. Stora och tunga fordon kan ha lättare att forcera ett fysiskt hinder, men kan ha svårare att ta sig över ett dike, osv.

Det är i enlighet med dessa principer som KBS-3 har byggts. Dess barriärer är (1) kopparkapseln (2) bentonitleran (3) 500 meter urberg. Dessa barriärer har designats för att

tillsammans kunna förhindra alla möjliga typer av naturliga scenarier som har postulerats som skulle innebära att kärnbränslet hamnar i kontakt med människor och miljön.

Nedan diskuterar vi ett antal möjliga åtgärder som skulle kunna tänkas öka säkerheten, och huruvida det är motiverat att bekosta dessa ur ett miljöskyddsperspektiv.

3.1.1 Övervakning

Efter slutlig förslutning och när ansvaret för anläggningen gått över till staten kommer perioden med indirekt tillsyn att inledas. Hur länge den indirekta tillsynen kommer att pågå är omöjligt att förutse idag, men planeringen måste påbörjas i god tid före förslutningen av anläggningen. Samtidigt är det olämpligt att redan idag föreskriva vilka övervakningsaktiviteter som bör pågå efter slutlig förslutning, eftersom den tekniska utvecklingen under de kommande decennierna kan förväntas förändra övervakningsmöjligheterna. Det finns också andra relevanta faktorer att ta hänsyn till, utöver övervakning av miljöförhållanden eller markanvändningskontroller för att skydda anläggningen från oavsiktligt intrång. Det har till exempel framförts förslag om att det internationella kontrollprogrammet för ett slutförvar som innehåller klyvbart material skulle kunna omfatta till exempel seismisk övervakning, satellitövervakning och/eller miljöövervakning (IAEA, 2010). Med tanke på att godkännandet av den slutliga förslutningen av ett geologiskt slutförvarssystem baseras på en säkerhetsredovisning av att det passiva säkerhetssystemet kommer att fungera i årtusenden eller längre, finns det samtidigt ingen direkt teknisk motivering ur ett säkerhetsperspektiv för övervakning av barriärsystemet eller den omgivande miljön efter förslutning. Övervakningsaktiviteter efter förslutning kan dock också utföras för att säkerställa transparens och för att upprätthålla intressenternas förtroende för säkerheten efter förslutning (OECD-NEA, 2014) Detta är i linje med det förberedande arbetet för IAEA:s gemensamma konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall, där flera medlemsländer argumenterade för nödvändigheten av att fortsätta övervakningen efter förslutning och att ha kapacitet att genomföra motåtgärder om ett oplanerat läckage skulle inträffa. Dessutom kommer övervakningsaktiviteter i sig att stödja informations- och kunskapsbevarande över generationerna. Övervakningsaktiviteter kan också ses i en mycket vidare bemärkelse; inte bara för att observera hur tekniska parametrar utvecklas i förhållande till slutförvaringssystemet och dess omgivning, utan också för att övervaka att till exempel restriktioner för markanvändning följs (Pescatore, 2013).

För närvarande finns det ingen vägledning i svensk lagstiftning om vilka aktiviteter som ska ingå under perioden med indirekt tillsyn eller hur dessa kan skilja sig mellan olika slutförvar för radioaktivt avfall, till exempel för kärnämnen och för annat radioaktivt avfall från kärnteknisk verksamhet. För slutförvar som innehåller klyvbart material kommer internationella kärnämneskontroller (övervakning, redovisning av kärnämne etc.) att fortsätta att gälla efter förslutning. Det finns ingen definierad tidsgräns för hur länge kontrollåtgärderna ska fortsätta. Icke-spridningsfördragets krav anger att kärnämneskontrollens upphörande bestäms utifrån när det kärnämne som omfattas av kärnämneskontrollen har förbrukats, späts ut eller blivit praktiskt oåtervinningsbart (IAEA, 1972). Och i vägledningen om geologisk slutförvaring (IAEA, 2010) anges att kärnämneskontrollerna kommer att fortsätta att gälla i någon form efter förslutning av förvaret, så länge som fördraget om icke-spridning av kärnvapen är i kraft. Den internationella kärnämneskontrollens livslängd, som en form av indirekt tillsyn, är således beroende av det framtida samhällets vilja och förmåga att fortsätta med kärnämneskontroll.

3.1.2 Åtgärder för att främja civilsamhällets och lokalsamhällets förtroende

Kommunikation med civilsamhället är mycket viktig, vilket Länsstyrelsen i Gotlands krisberedningsplan (2022) poängterar:

”Samordnad och korrekt information som ges i rätt tid är en avgörande faktor för att klara uppgiften. Syftet med kommunikationen är att allmänheten vid en olycka ska anta ett beteende som underlättar genomförandet av skyddsåtgärder och minskar konsekvenserna för människors liv, hälsa och egendom. Det är rimligt att anta att behovet av information vid en kärnteknisk olycka kommer att vara mycket stort, oavsett hur allvarlig händelsen faktiskt är.”

För att upprätthålla allmänhetens förtroende för slutförvaret bör projektet att anlägga ett slutförvar vara så transparent som möjligt. Information om status och säkerhet ska vara allmänt tillgängligt. Även andra åtgärder kan krävas för att upprätthålla goda relationer med lokalsamhället och stävja eventuell oro och frågor som kan uppstå över tid. Exempel på detta inkluderar kallelser till informationsmöten, distribution av tryckt informationsmaterial, en telefonlinje som är tillgänglig för allmänheten i närområdet mm. Den positiva inställning som Östhammars kommun och samhället kring Forsmark har till projektet i dagsläget kan komma att ändras, och vid nya krav eller missnöje är det inte orimligt att staten som innehavare av äganderätten till avfallet kan förvänta sig rättsliga kostnader.

Alla kostnader som nämnts ovan kan komma att fördelas över lång tid, årtionden eller århundraden, beroende på val av strategi. För ett effektivt och väl upplyst beslutsfattande vid stängning krävs fullgod informations- och kunskapshantering. Länder som nu arbetar för att upprätta slutförvar är överens om att det är viktigt att framtidens människor kan få svar på frågor de kan ha kring ett slutförvar för använt kärnbränsle (OECD Nuclear Energy Agency, 2019). Rutiner för förvaring och förmedling av information bör utformas med fokus på kontinuitet så att uppdraget kan överföras mellan generationer (National Academy of Public Administration (NAPA), 1997).

3.1.3 Arbete för att utökad förståelse och kunskap

Slutförvaret kommer enligt nuvarande plan att förslutas om cirka 70 år. Då kommer forskare sannolikt att veta mycket mer om ämnen som är relevanta för slutförvaret, till exempel om geologi, glaciologi och hydrologi. Men det kan sägas vara sannolikt att det kommer finnas mycket mer inom dessa discipliner som ännu kommer att vara okänt. Därför kan det vara motiverat att finansiera forskning inom områden relevanta för frågan även efter förslutningen av slutförvaret. Detta behöver sannolikt inte vara en kostsam aspekt, och något som skulle kunna finansieras av en forskningsstiftelse som utdelar avkastningen från sitt kapital i forskningsanslag.

3.2 Hantering av annat långlivat farligt avfall i Sverige

Mål 12 i Agenda 2030, om hållbar konsumtion och produktion och därmed hållbar avfallshantering, inkluderar alla typer av avfall. Baserat på antagandet att reaktorerna Forsmark 1, 2 och 3, Oskarshamn 3 samt Ringhals 3 och 4 drivs i 60 år uppskattas den totala mängden använt kärnbränsle som kommer att behöva slutförvaras i det planerade

slutförvaret att vara 12 tusen ton (Miljödepartementet, 2022). Totalt uppkommit annat farligt avfall i Sverige år 2020 (från till exempel gruvor och industriella processer) uppgick jämförelsevis till 3,2 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2020). Avfallet innefattar bland annat bly, kadmium och kvicksilver, som är mycket skadliga för miljön och hälsan om de inte återvinns eller bortskaffas korrekt. Även om dessa avfallstyper inte är likvärdiga med använt kärnbränsle är de likväl av intresse eftersom de exempelvis delar utmaningen om informations- och kunskapsbevarandet till framtida generationer.

Avfall från gruvor stod för den största mängden farligt avfall som uppkommit i Sverige 2020, följt av kemiskt avfall, restprodukter från avfallshantering och jordmassor (Naturvårdsverket, 2020). Farliga ämnen definieras som ämnen med låg flampunkt, som klassas som mycket giftiga, hälsoskadliga, frätande, irriterande, känt cancerframkallande, skadliga för fortplantning, eller mutagena vid låg eller mycket låg koncentration (Europeiska gemenskapernas kommission, 2000).

Det avfall med störst viktad miljöpåverkan i Sverige är farligt metallavfall, främst ämnen som bly, kadmium och kvicksilver, som utgör en fara för människor, djur och miljö (Sundqvist & Palm, 2010). Rapporterade kvicksilverutsläpp till luften i Sverige år 2022 var 0,4 ton och kom främst från förbränning av biobränslen och avfall (Naturvårdsverket, 2024).

Direktdeponering är ett mindre säkert förslag för hanteringen, som innebär att flytande kvicksilver i tätt slutna behållare av rostfritt stål deponeras direkt i jorden nära ytan och täcks över. Kviksilver bör stabiliseras (när avfallets beståndsdelar görs mindre farliga) innan deponering (SOU 2008:19, SFS 2020:614). Tillfällig lagring av flytande kvicksilver i väntan på slutgiltig lösning är vanligt, men EU beslutade i en förordning från 2022 att detta inte längre tillåts från och med 1 januari 2026, vilket troligen påskyndade arbeten med permanenta djupförvar för farligt avfall (*Att Använda, Lagra Och Handla Med Kviksilver | EUR-Lex*, 2023).

En statlig utredning konstaterade att deponi under jord i för permanent förvaring och stängning är den mest praktiska lösningen. Nedlagda saltgruvor ansågs vara särskilt fördelaktiga eftersom de under vissa omständigheter kan möjliggöra nästan torr deponering av avfallet (SOU 2008:19). Idag finns det ett krav på att avfall som innehåller minst 0,1 viktprocent kvicksilver ska deponeras i djupt bergförvar (SFS 2020:614), och den 7 april 2020 gav Mark- och miljödomstolen Boliden Mineral AB rätt att påbörja deponering av avfall i djupt under Rönnskärsverket utanför Skellefteå. Avfall som även omfattar annat processavfall från Bolidens verksamhet (MMD Umeå M 1012–09 Deldom 2020-04-07). Fortum Waste Solutions AB, tidigare SAKAB, har en deponi på 26 m djup vid Norrtorp i Kumla kommun, där kvicksilverhaltigt och dammande avfall (till exempel avfall från krematorier) gjuts in i svavelhaltig betong (Nacka tingsrätt, deldom 2019-08-28, Mål M 7480–17), (*Tillstånd För Verksamheten - Fortum Waste Solutions*, n.d.). Strålsäkerhetsmyndigheten har genomfört en riskbedömning av möjligheten att skicka lågaktivt avfall från avveckling och rivning av reaktorer till Norrtorp (Xu & Klos, 2023).

Djupförvaret vid Rönnskärsverken beräknas bli fullt år 2029, då det ska förslutas. I ett informationsblad från 2021 framgår det att den totala kostnaden uppskattas till 650 miljoner kronor, samt att förvaret kommer att vara underhållsfritt och stå säkert för all framtid, inklusive möjliga istider. Här nämns även att slutförvaret för kärnbränsle har inspirerat arbetet som kommer öka Rönnskärsverkens möjlighet att hantera mer komplexa material (Boliden AB, 2021).

”Det hela försluts med en vägg, förmodligen någon typ av gjutning som inte går att öppna igen.” (Anders Holmbom, Boliden AB i SVT Nyheter, 2017)

När förvaren försluts beräknas grundvattnet som passerat förvaret nå Bottenviken om cirka 1000–15 000 år (se Umeå tingsrätt, dom 2014-06-27, mål M 7429–13). Modellen är designad med KBS-3 som inspiration, men processen att genomföra arbetet har skett under kortare tid. Vad händer när Boliden AB inte längre existerar på platsen? Detta avfall är ett arv vi lämnar efter oss, och som kommer att ligga under framtida samhällen som kanske inte längre känner till deras existens.

3.3 Slutsatser

I denna rapport har vi antagit att KBS-3 metoden, eller en metod som är i väsentliga avseenden tillräckligt lik denna, kommer att implementeras i Sverige. Denna metod har avsiktligt designats i enlighet med principen om passiv säkerhet, för att undvika att kostnader tillkommer efter att slutförvaret förslutits. Givet att denna metod fungerar som den ska, behövs inga ytterligare åtgärder för att förhindra framtida generationers exponering för radioaktiva material. Däremot kommer sannolikt någon form av institutionell kontroll att fortgå efter den slutgiltiga förslutningen, exempelvis i form av olika övervakningsaktiviteter och informationsbevarande (arkivering). Och i fallet för det använda kärnbränslet kommer kravet på kärnämneskontroll fortsatt gälla efter den slutliga förslutningen.

4. Bevarande av information, kunskap och minnen

Framtida mänskliga handlingar kan resultera i att radioaktiva ämnen förs upp till ytan och, såsom fallet med genomborring av en kapsel, kan resultera i signifikanta doser till omgivningen. Detta är en ofrånkomlig konsekvens av valet att isolera och koncentrera det radioaktiva avfallet snarare än att späda ut eller sprida ut det. Det innebär att acceptandet av ett slutförvar också innebär acceptandet av en viss risk för höga doser i samband med ett framtida oavsiktligt intrång (ICRP, 2013, avsnitt 4.6.2). Om utgrävning av kärnbränslet sker utan vetskap om dess egenskaper kan detta medföra omedelbar fara, något som skulle kunna ske om information, kunskap om och minnet av slutförvaret med tiden gått förlorat. Följaktligen har långsiktig kommunikation med framtida generationer kring slutförvar för kärnavfall diskuterats i flera decennier. Diskussionen inbegriper vad, hur och varför information och kunskap ska bevaras samt överföras.

För att säkerställa bevarandet av kunskap och information är det nödvändigt att minnet finns tillgängligt för framtida generationer på ett sätt som gör det möjligt att förstå och använda informationen. I denna rapport kommer vi att kalla detta arbete ”bevarandet av handlingar, kunskap och minnen”, en term som vi lånar från rapporten ”The preservation of Records, Knowledge and Memory”, författad av OECD Nuclear Energy Agency (NEA). Det är ett koncept med en genomarbetad och lång historia.

4.1 Historia och initiativ

Några av de förslag för bevarandet av handlingar, kunskap och minnen i anknytning till geologiskt slutförvar av radioaktivt avfall är från 80-talet, då en grupp experter sammanställdes i vad uppdragsgivaren, United States Department of Energy, kallade ”Human Interference Task Force”. Gruppen, (bestående av arkitekter, antropologer, fysiker med mera), fick i uppdrag att ta fram möjliga sätt att motverka mänskliga intrång (Human Interference Task Force, 1984). Dessa idéer bestod av bland annat av färgstarka visioner, vissa vetenskapligt fiktiva. Med grund i semiotiken presenterade Thomas Sebeok ett ”Atomic Priesthood”, ett hierarkiskt sällskap som med hjälp av myter och legender skulle ge upphov till så stor vördnad för ett budskap om fara att det skulle leva flera tusentals år in i framtiden (Sebeok, 1984). Andra idéer framstod som mer genomförbara, som det arkitektoniska markörkonceptet av Michael Brill, vilket skulle signalera fara med hjälp av avskräckande monument i landskapet ovanpå förvaret (Trauth m fl., 1993). Arbetet under 80–90 talet i USA fokuserar i högre utsträckning på att varna framtida generationer jämfört med samtida arbete som pågick i Norden (Jensen m fl., 1996. Att informera framtida generationer, i stället för att varna, har idag en bred internationell uppslutning (NEA, 2019a).



Figur 3. Avvärijande arkitektoniska strukturer för markytan tillhörande projektet "The Marker Project". Koncept av Michael Brill och konst av Safdar Abidi (THE MARKER PROJECT — Science Gallery Dublin, 2020).

Under 2010-talet var NEA-projektet "Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) across Generations" en av de stora insatserna som riktades mot utmaningen att föra över informationen och kunskapen om ett slutligt förslutet slutförvar till kommande generationer. I projektets slutrapport samställs en lista på totalt 35 metoder för informations- och kunskapsbevarande åtgärder. De beskriver en internationell samstämmighet kring hur bevarandet av handlingar, kunskap och information bör ha en diversifierad strategi. Med det menas att dessa metoder bör ha varierande egenskaper vad gäller tidsramar, medium och innehåll. Enligt NEA är det också fördelaktigt om dessa metoder används av olika aktörer i ett internationellt samarbete (NEA, 2019a).

För att ta höjd för osäkerheter kring förändringar av till exempel människors framtida behov och värderingar, finns det goda skäl att dokumentera på ett redundant sätt, så att ingenting saknas. Hur denna dokumentation sedan hanteras är av yttersta vikt för långsiktigheten. Den strategi som presenteras av projektet omfattar inte bara dokumentation, utan även minnesinstitutioner, markörer (platsspecifika monument som förmedlar information), skolundervisning, muntliga traditioner, konst, kultur och lagar. Markörer och lagar är direkt kopplade till att förhindra intrång på området. Skolundervisning, muntliga traditioner och kultur ska stärka det kollektiva minnet. Konsten kan hålla liv i den politiska diskussionen såväl som kunskapen om slutförvarets existens (NEA, 2019a, s.94–95).

Arbetet för bevarandet av handlingar, kunskap och minnen förutsätter att vi värderar framtida människors säkerhet och frihet att välja hur de ska hantera, eller inte hantera, det som är begravt. Att förmedla sådan information och kunskap över generationer är en stor utmaning, speciellt med tanke på hur teknik, språk, samhälle och människor förändras med tiden.

4.2 Språk, och kommunikation med framtiden

En utmaning som är framträdande i litteraturen rör utformandet av ett meddelande som är tydligt och inte går att misstolka av framtida generationer. Utmaningen ligger i att språket förändras över tid. Nya ord, metaforer, uttryck och referenser uppfinns och gamla glöms

bort. Ett känt exempel på det är den första meningen ur romanen *Neuromancer*, från 1984.

"The sky above the port was the color of television, tuned to a dead channel."

När detta skrevs var beskrivningen självklar: himlen var grå och disig. Men den generation som inte har upplevt tv-apparater som var baserade på katodstrålerör tolkar sannolikt denna mening på ett helt annat sätt. Generellt sett förändras språket snabbare i snabbt föränderliga samhällen, eftersom språket återspeglar sin samtid. Detta innebär sannolikt att det svenska språket kommer att förändras snabbare i framtiden än vad det gjort hittills. Att framtida generationer om flera hundra år sannolikt talar ett språk som är så annorlunda från de språk som talas idag innebär att skriftliga meddelanden måste översättas. För att en text ska fortsätta vara begriplig över tid måste den uppdateras, vilket är fallet med många av klassiska böcker i vår litteraturkanon.

Även om vi kan förvänta oss en snabb och i stora delar positiv samhällsförändring under kommande sekler, så finns det en liten men inte obefintlig risk för att samhället råkar ut för en radikal diskontinuitet. Sådana har skett många gånger på regional nivå i mänsklighetens historia. Det finns flera exempel på när krig, pestilens och resursbrist lett till att samhällen har kollapsat. Om en sådan kollaps skulle ske, kan det innebära att framtida generationer talar ett språk som är så främmande att kommunikation mellan oss och dem utan översättning inte är möjlig. Är det då alls möjligt att utforma ett meddelande som går att översätta, även utan översättningsmanual?

Ju mer detaljerad och specifik den information är som vi önskar förmedla, desto större blir utmaningen att kommunicera. En enkel varning är mycket enklare att förmedla än de tekniska specifikationerna för mjukvaran som användes för att simulera olika hydrologiska scenarier.

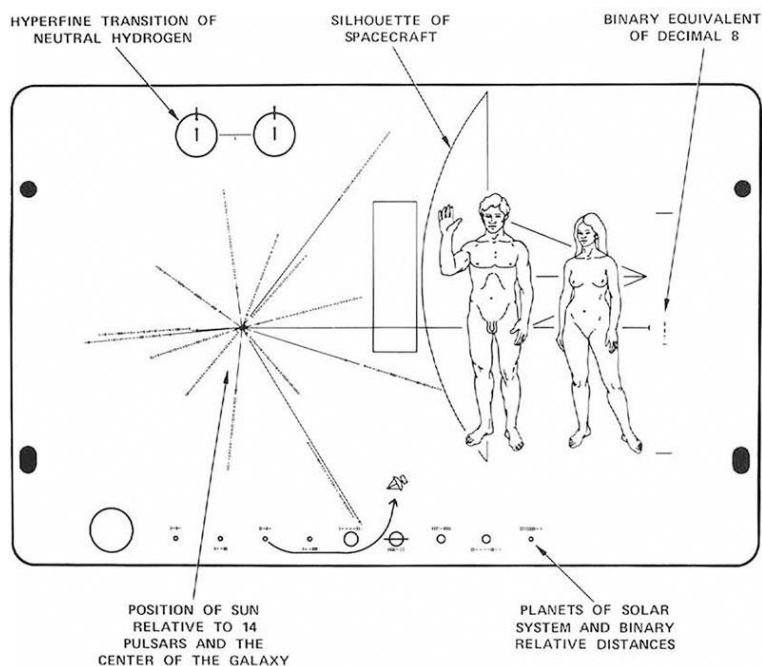
Betydelsen i ett ord eller en text ligger inte i ljuden eller trycksvärtan, utan skapas av talare och läsare utifrån deras respektive kontextuella förståelse. Vi lär oss språk genom att observera och interagera med andra språk användare, uttala ljud och uppvisa beteenden i specifika sammanhang. Meningen i språkliga uttalanden är alltså något som talare konstruerar utifrån en delad kulturell, fysisk och psykologisk kontext. När två personer delar ett språk, kan kommunikation mellan dem ske även när den kontextuella informationen är mycket begränsad. Jag kan till exempel läsa ett mail på svenska och förstå dess innebörd även om jag inte känner till avsändaren, syftet med mailet, eller om jag är den avsedda mottagaren. Det är svårare att förstå mer subtila signaler och syftningar på ett annat språk, som engelska, även om jag behärskar språket väl och angloamerikansk kultur är mig tämligen välbekant.

Situationen blir en helt annan när två personer som inte behärskar varandras språk försöker förstå varandra, alltså om de behöver *översätta* ord. För att översätta eller tolka ett ord på ett språk som inte delar lånord eller identifierbara begrepp med det egna måste man höra eller läsa ordet i ett sammanhang som ger tillräckligt med information. Anta till exempel att du hittar en bit papper på gatan där ordet "potatis" står skrivet på ett för dig främmande språk. Den kontextuella informationen i det här scenariot är otillräcklig för att du ens ska kunna börja etablera rimliga hypoteser om vad som står skrivet. Du har inte några som helst möjligheter att veta vad texten på pappret syftar på. Det finns inget i hur linjerna formar bokstäver som kan hjälpa dig att förstå vad det syftar på eller vad avsändaren vill åstadkomma med sitt meddelande.

Om du i stället finner samma pappersbit jämte en hög med potatisar på en torgmarknad, ja då har du något att gå på, givet att du är bekant med potatisar. Du kan rimligen anta att ordet betyder "potatis". Men ordet "potatis" i närheten av en potatishög kan fortfarande tolkas på många olika sätt. Det skulle kunna betyda "extrapris", "rotfrukt", "potatis" eller kanske "köp två till priset av en". Därför krävs ofta upprepade interaktioner med en talare, gärna i en välbekant kontext, för att lära sig ett språk. Anta att det fanns en kultur där potatisar inte äts, men används för att tillverka klister. En person från den kulturen skulle kanske tolka ditt uttalande som en inbjudan att delta i någon form av hantverksprojekt.

Det faktum att betydelsen hos meddelanden inte finns i själva meddelandet, utan kräver någon form av kontextualiserad interaktion när meddelandet är på ett främmande språk, innebär att meddelanden som framförs av ett icke-interaktivt medium är särskilt svåra att översätta och tolka. Även om det finns en kontext, så kan detta vara svårt. Försöken att översätta meddelanden skrivna i hieroglyfer, en bildskrift från den egyptiska civilisationen är talande. Kontexten som dessa meddelanden hittades i var inte svåra att förstå. Det rörde sig ofta om gravar, tempel och andra byggnader som bevarats för eftervärlden. Det var alltså inte abstrakta chiffer som hade avsiktligt utformats för att vara svåra att förstå, utan meddelanden som syftade till att kommunicera med samtida och framtida generationer. Många av dessa meddelanden åtföljdes också av tydliga bilder som gav viss kontextuell information. Hieroglyferna i sig är också bilder representerade olika djur, verktyg och bruksföremål, Bilder, som förvisso är stiliserade, men likväl var fullt förståeliga för 1700-talets egyptologer. Trots detta behövdes Rosettastenen för att lyckas med översättningen. Denna sten innehöll ett meddelande på tre språk, varav två var kända, och det tredje var nedskrivet med hieroglyfer. Tack vare detta kunde Rosettastenen bli den avgörande pusselbiten för att konstruera en översättningsmanual.

Inom litteraturen om minnesinstitutioner, såväl som inom litteraturen om möjligheten att utforma ett meddelande för att kommunicera med utomjordiska civilisationer, tycks det finnas en övertro på möjligheten att använda bilder och symboler för att förmedla mening. Detta syns inte minst på bilderna som fanns i rymdsonden Pioneer 10 (se figur 4). Dessvärre förlitar sig dessa förhoppningar på en otillräcklig förståelse för hur mening relaterar till mediet för mening. En mänsklig observatör skulle omedelbart förstå att strecken i denna bild representerar en bild som i sin tur avbildar arten som skapat bilden. Men det är inte självklart att en utomjordisk observatör skulle dra samma slutsatser. Men även om utomjordingen förstod vad bilden representerar, så innebär det inte att utomjordingen kan veta vad vi menar med bilden, alltså vad syftet med bilden är. Är det ett hot? Ett löfte? En inbjudan?



Figur 4. Pioneer-plaketten från 1972. Carl Sagan, Frank Drake och Linda Salzman Sagan.

I ljuset av detta har vi goda skäl att konstatera att ett meddelande till framtida generationer inte går att utforma på ett sätt som är möjligt att översätta utan en översättningsmanual, oavsett om det är baserat på bilder, symboler, text, video eller annat. Inga spikar, katter, träd eller annan åtgärd som föreslagits kan åstadkomma det som avses. Och det förutsätter även att översättningsmanual faktiskt är förståelig av framtida generationer.

Det är därför som ett institutionellt system för överföring av information till framtida generationer (en minnesinstitution) behövs. Texter, bilder, meddelanden och annat behöver kontinuerligt uppdateras, översättas och överförs mellan olika medier av människor för att dessa ska vara begripliga för framtiden. Detta institutionella system bör vara tillräckligt robust för att kunna överleva plötslig social kollaps.

Ett sådant system kan alltså inte bara bestå av ett antal bilder, texter och symboler graverade i ett medium som är stabilt, som till exempel sten eller lera. Kunskapen behöver aktivt förvaltas av en institution som kan hålla den levande. Ett exempel på en sådan institution var de kloster som bevarade kunskaper i matematik, teknologi och humaniora i Storbritannien och Irland efter Romarrikets fall. Dessa kloster ägnade stor energi åt att kopiera och översätta texter av olika slag för hand. Men munkar skrev också omfattande kommentarer i relation till dessa texter, som förklarade, tolkade och analyserade innehållet i dessa. Dessa kommentarer gjorde tolkningen av texterna enklare och mer tillgängliga för framtida generationer. Kloster var inte isolerade institutioner, utan hade ofta kontakter med varandra, vilket möjliggjorde utbyte av information och av viktiga texter. Munkar bedrev även utbildningar för munkar men också för externa personer. Utbildningen möjliggjorde bland annat att kunskapen om de dokument och texter som bevarades också fördes vidare till människor, och förblev levande i viss mån.

5. Expertenket

För att få en uppfattning om värdet av långsiktigt informationsbevarande och en relevant tidsram, vände vi oss till experter på området ”slutförvar, kärnavfall och kärnteknik”.

Metoden som använts är en så kallad anpassad expertutfrågning (engelska: ”expert elicitation”) med både kvalitativa och kvantitativa delar.¹ Den omfattar en process där en enkät utformas för att sedan svaras samt utvärderas av experter. Enkätresultaten kombineras sedan med uppföljande intervjuer med specifika ämnesexperter och respondenter som angav svar som avvek från de andra. Utöver detta genomfördes en syntes av litteraturen på området.

En analys av hur minnesinstitutioner bör utformas är beroende av en rad olika faktorer. Av dessa är tidsaspekten, alltså frågan ”hur länge bör en minnesinstitution finnas” särskilt relevant. Därför sökte vi experters perspektiv på en framtid där minnesinstitutioner inte existerar. Informationen som samlats in från experterna via enkäten och annan feedback, användes sedan för strukturerade intervjuer över telefon, och videomöten.

Genom ett utskick som efterfrågade experternas egna framtidsscenarioer kunde vi härleda att det som anses vara de största hoten mot slutförvarets integritet är oavsiktlig borrhning, korrosion av kopparkapslar, avsiktligt intrång i intresse av vapenproduktion samt förlorad kunskap, se data i appendix II. Av experternas efterföljande utvärdering förstod vi att för att få tydliga svar behövde enkäten utgå ifrån ett förutbestämt scenario. Detta scenario arbetades fram med hjälp av experters tidigare utlåtanden samt av SKB:s redovisning och SSM:s granskning av restscenarier för mänskliga handlingar (SSM, 2018 och referenser däri).

Enkäten sändes ut till 74 internationella experter av vilka 22 besvarade enkäten. Den omfattar ett scenario placerat vid tre olika tidpunkter efter den tänkta förseglingen av slutförvaret: 250, 500 och 1000 år. Utgångspunkten för scenariot är att det inte finns någon minnesinstitution som informerar allmänheten om förvarets plats, riskerna med kärnavfall osv. Dessutom förutsätts att slutförvarets tekniska aspekter fungerar som planerat (material, geologi, hydrologi, med mera).

Scenariot är det följande:

”Ett gruvföretag saknar information om slutförvarets existens och prospekterar efter mineraler nära slutförvaret. Företaget borrar av misstag in i det använda kärnavfallet. Borren orsakar en olycka som innebär att flera kopparkapslar brister. När borren dras tillbaka från borrhålet och material från borkärnan når jordytan, blir området förorenat med en betydande mängd använt kärnbränsle (i form av små och medelstora partiklar). Arbetslaget har inte utrustning som detekterar strålningen och det radioaktiva materialet lämnas kvar på markytan. Borrhålet täcks inte ordentligt och fylls snabbt med regnvatten.”

Scenariot åtföljs av följande frågor:

1. Hur skulle du uppskatta sannolikheten för att detta scenario inträffar? Svara med din bästa uppskattning i numeriskt värde.

¹ Detta är en förkortad version av metodbeskrivningen. En mer detaljerad version finns i appendix I.

2. Om detta scenario skulle inträffa, hur många människor, totalt skulle du uppskatta, kunde komma att utsättas för dödliga nivåer av strålning? Ge din bästa uppskattning i numeriskt värde.
3. Om detta scenario skulle inträffa, hur många människor, totalt skulle du uppskatta, kunde komma att utsättas för skadliga, men inte dödliga nivåer av strålning? Ge din bästa uppskattning i numeriskt värde.
4. Enligt din bedömning, kunde en robust finansiering av ”bevarandet av handlingar, kunskap och minnen” ha förhindrat detta resultat?

(Översatt från engelska. Frågor på originalspråk, samt all information given i enkäten finns i appendix III och IV.)

Samma frågor ställs för samtliga tre tidsperioder.

Respondenterna representerade främst följande discipliner: fysik, kärnfysik, tillämpad kärnfysik, kärnteknik, geologi, kommunikation, sociologi, kemiteknik, teknik- och vetenskapsstudier, korrosionsvetenskap, statsvetenskap, arkivvetenskap, medicinsk strålningsfysik, samt anställda vid relevanta myndigheter (nationellt och internationellt).

Enkät svar

Tabell 2: Enkät svar på fråga 1

Fråga	250 år efter slutgiltig förslutning (Svar, geometriskt medelvärde)	500 år efter slutgiltig förslutning (Svar, geometriskt medelvärde)	1000 år efter slutgiltig förslutning (Svar, geometriskt medelvärde)
Sannolikhet för scenariot	0,02 %	0,06 %	0,04 %

Tabell 3: Enkät svar på fråga 2, 3

Fråga	250 år efter slutgiltig förslutning (Svar, median)	500 år efter slutgiltig förslutning (Svar, median)	1000 år efter slutgiltig förslutning (Svar, median)
Antal människor utsatta för dödlig radioaktivitet, vid inträffande	5	5	1
Antal människor utsatta för skadlig radioaktivitet, vid inträffande	50	30	15

Tabell 4. Enkät svar på fråga 4

Hade ordentligt bevarande av handlingar, information och kunskap kunnat förhindra det presenterade scenariot?	Antal Svar (250 år efter slutgiltig förslutning)	Antal Svar (500 år efter slutgiltig förslutning)	Antal Svar (1000 år efter slutgiltig förslutning)
Ja	16	14	11
Nej	4	8	9
Kanske	2	0	2
Total	22	22	22

En majoritet av respondenterna (15–16 respondenter per fråga) svarade att om scenariot inträffar, oavsett tidsram, så utsätts färre än 50 personer för en dödlig mängd radioaktivitet. Bakgrunden, att slutförvaret fungerar som tänkt, är sannolikt en delförklaring. Det scenario som beskrivs anger inte hur många människor som bor i omedelbar närhet till platsen för olyckan. Idag är platsen ovanför slutförvaret glest bebyggt och långt ifrån större städer. Det finns givetvis en möjlighet att fler personer kan komma att bosätta sig här, även om det tycks osannolikt i nuläget. Denna möjlighet tycks respondenterna inte ha beaktat, möjligen för att de ansett att den varit för osannolik. Det är också tänkbart att i ett möjligt scenario där området är mer tätbefolkat än idag, så skulle den typen av omfattande provborrning som scenariot beskriver inte äga rum, eller åtminstone inte äga rum före en eventuell evakuering. Det är möjligt att experterna som svarade på enkäten hade detta i åtanke.

Svaren tyder på att denna grupp av experter anser att det planerade slutförvaret kommer att fylla sin funktion effektivt, oavsett om en minnesinstitution finansieras eller ej. Det ställer dock inget hinder för hur de svarar att institutionellt bevarande av information är viktigt i olika grad. En mer nyanserad inblick av kommentarerna kopplade till svaret ”ja” sträcker sig från, ”det är väl alltid bra, men risken är låg ändå” och ”ja, med stora svårigheter”, till ”definitivt”.

De negativa svaren på den sista frågan kommenteras ha angivits av olika anledningar. Experterna beskriver att det delvis beror på tilltro till KBS-3-metoden, alltså att designen kommer funka så väl att det inte behövs någon information, delvis på hur osannolikt de tycker scenariot är, samt delvis misstro till att en sådant initiativ skulle överleva över de långa tidsramarna. En kommentar från de som svarade nej är ”jag tror inte sådan finansiering är möjlig under denna tidsram”, till exempel. Se kommentarer i appendix IV.

Det bör noteras att scenariot som beskrivs här inte är det enda möjliga där en aktör oavsiktligt penetrerar slutförvaret på ett sätt som hade kunnat undvikas av en minnesinstitution. Detta scenario kan dock anses vara bland de mest sannolika som har föreslagits och diskuterats, och är en anpassad version av ett scenario som tagits fram av

SSM för just detta ändamål (SSM, 2018 sida 606). Även om andra scenarier är möjliga, är dessa rimligen inte mer sannolika än det som beskrivs ovan. Inte heller är det rimligt att anta att de skulle vara mer skadliga för framtida generationer än scenariot ovan.

6. Hur länge bör en minnesinstitution finnas?

Det slutförvar som planeras är avsett att med hjälp av passiva säkerhetsbarriärer hålla under mycket lång tid utan vidare underhåll eller aktiva säkerhetsåtgärder, som till exempel bevakningsbolag eller kameraövervakning. Att KBS-3 metoden är avsedd att fungera under tio tusentals år innebär inte att det är rimligt eller ens möjligt att upprätthålla en institution för bevarandet av handlingar, kunskap och minnen under en motsvarande period. Detta eftersom en sådan institution dels skulle kräva resurser i framtiden som är svåra att motivera utifrån den förväntade nyttan av en sådan investering, dels för att det inte är rimligt att förvänta sig att det är möjligt att bedriva ett aktivt projekt som har en sådan tidshorisont.

Varför är det orimligt att förvänta sig att en institution kan existera under så lång tid? En tumregel inom framtidsstudier kallas för Lindy-effekten ("the Lindy effect") (Ord, 2023). Vissa saker och organismer har en given livslängd, som är en konsekvens av dess fysiska eller biologiska egenskaper. Ett glas vatten avdunstar efter några dagar i ett sovrum. En människokropp kan överleva i något mer än ett sekel. Men andra saker har ingen given livslängd. En förening kan i teorin vara odödlig så länge det finns personer som vill vara med i föreningen. Så frågan är: hur kan vi bedöma livslängden på ett objekt eller ett fenomen som i teorin är odödligt, som till exempel en stat eller en organisation? Enligt Lindy-effekten bör vår initiala bedömning av en organisations förväntade livslängd vara samma som organisationens ålder vid bedömningstillfället. Till skillnad från människor, där den förväntade återstående livslängden minskar i relation till åldern, ökar den förväntade livslängden av organisationer med dess ålder (Taleb, 2012).

Skälet till detta är att ju längre tid en organisation har lyckats överleva, desto mer har den organisationen uppvisat en förmåga till överlevnad under varierande utmaningar och omständigheter. Åldern för en organisation blir alltså en indikator för hur resilient den organisationen är. En organisation som överlevt sedan 2018 har överlevt en pandemi. Men en organisation som överlevt sedan 1918 har överlevt minst två pandemier och två världskrig. Vi har alltså goda skäl att tro att den äldre organisationen kommer att vara mer kapabel att överleva längre än den yngre organisationen.

Vi kan också använda oss av Lindy-effekten för att relatera en organisations förväntade livslängd till olika möjliga livslängder. Sverige som nationalstat anses vara 500 år. Även om Sverige fanns i någon bemärkelse innan dess, som en del av Kalmarunionen, var Sverige inte en självständig och välavgränsad entitet. Om vi fastställer att Sverige har funnits som en nationalstat i 500 år, då kan vi förvänta oss att Sverige kommer att finnas om 500 år. Men enligt samma tumregel, är sannolikheten inte särskilt stor att Sverige kommer att finnas om 5000 år. Att Sverige skulle finnas om 50 000 eller 100 000 år borde i nuläget anses vara extremt osannolikt.

Det är förstås möjligt att en minnesinstitution överlever den svenska staten eller den staten som uppstår i Sveriges nuvarande territorium. En sådan institution bör givetvis ges förutsättningar för att kunna överleva utan staten som skydd (mer om detta i kap 8). Men det är oklokt att för Sverige som institution åta sig ett ansvar att förvalta något bortom ens förmåga. I nuläget kan vi inte räkna med att Sverige kommer att kunna ta ett ansvar för

att förvalta minnen i mer än 500 år. Det innebär att man inte kan sägas ha en plikt att göra något om man inte existerar. Om vi tillämpar denna regel på vårt resonemang om Sveriges ansvar att förvalta minnen, så finns det en gräns för hur långt vi kan anse att detta ansvar utsträcker sig i tiden, och denna gräns är möjlighetens gräns.

Men detta är så klart inte hela svaret på ovanstående fråga. Vi bör också beakta de positiva skäl som föreslagits för att bygga en minnesinstitution. Rapporten kommer att diskutera tre av dessa.

1. Skydd för framtida generationers liv och hälsa.
2. Möjligheten att återanvända kärnbränslet
3. Politiska och juridiska skäl, som till exempel internationella avtal.

6.1 Hur mycket är ett liv värt?

Innan vi närmar oss frågan om huruvida skydd av framtida generationers liv och hälsa kan motivera (och i så fall hur starka dessa skäl är) en minnesinstitution, bör vi reflektera över frågan om hur mycket ett människoliv egentligen är värt. Våra moraliska uppfattningar beror delvis på vår biologi och vår kultur. Om vi inte hade varit däggdjur, utan förökat oss som till exempel laxar, hade våra normer om bland annat barnuppfostran varit annorlunda. Det finns även variationer i moraliska uppfattningar mellan kulturer. Till vardags anser många av oss att människoliv är heliga, och att vi inte kan sätta ett värde på människoliv. Därför reagerar vi lätt instinktivt på ett negativt sätt när vi ställs inför uppgiften att värdera ett liv i pengar. Det *känns* fel. Trots det måste beslutsfattare på olika nivåer konfrontera frågan. I vissa situationer är det inte möjligt att inte välja. Om det finns en begränsad mängd resurser, så måste någon välja hur dessa ska fördelas, och ibland leder det till att vissa dör och andra överlever. Här är ett exempel: ska staten spendera pengar på att subventionera vaccin A som motverkar influensa eller på vaccin B som motverkar Covid? Om beslutsfattare väljer A, så kommer vissa som annars hade vaccinerat sig mot Covid att dö, och om de väljer B så kommer vissa som annars hade vaccinerat sig mot influensa att dö

Så hur bör beslutsfattare välja? En möjlighet är att låta slumpen bestämma. Man kan singla slant mellan de olika utgiftsposterna. Men det tycks vara godtyckligt och moraliskt orimligt. Vi väljer politiker för att de ska fatta svåra beslut, inte för att de ska singla slant. En annan möjlighet är att använda sig av en bedömning som tar hänsyn till hur mycket nytta olika alternativ för med sig. Om vaccin A räddar 10 liv, och vaccin B räddar 1000 liv, och "att rädda liv" är det som vi definierar som "nytta", så skulle den här beslutsmetoden rekommendera valet av vaccin B.

Ibland måste beslutsfattare välja mellan utgifter som är av väldigt olika typ, och då är det inte lika lätt som att jämföra antalet räddade liv med varandra. En beslutsfattare kan till exempel behöva välja mellan att lägga in mitträcken på en olycksdrabbad väg, eller att bygga farthinder utanför en skola. Här kan man beakta olika aspekter av situationerna, fler än antalet liv som räddas. Här är några exempel:

1. Hur skiljer sig den genomsnittliga åldern hos de vars liv som räddas?
2. Vilka andra kostnader medför de olika åtgärderna? Till exempel kan farthinder *orsaka* olyckor. Även om dessa sällan är livshotande, är det värt att beakta.
3. Hur påverkas djur och natur av de olika åtgärderna?

4. Farthinder kan också minska buller från trafiken, hur ska vi kvantifiera den nyttan i relation till andra nyttor?
5. Vilka övriga samhällsekonomiska kostnader och nyttor skulle de olika förslagen medföra?

Några av dessa frågor är relativt enkla att besvara, andra är svårare. Därför använder beslutsfattare olika typer av verktyg för att kunna göra jämförelser. Ett sådant verktyg är att sätta ett pris på hur mycket ett liv är värt i kronor. Det finns olika varianter på detta verktyg. Ibland används ett levnadsår, ibland används ett "kvalitetsjusterat levnadsår (QALY). Det är inte för att myndigheterna anser att "ett människoliv kan köpas för pengar", utan det är ett verktyg som tillåter oss att jämföra olika säkerhetsrelaterade åtgärder med varandra, och prioritera mellan dessa på ett transparent och opartiskt sätt.

När beslutsfattare inte tar hänsyn till de olika aspekterna av sina beslut finns det en överhängande risk att människor behandlas ojämlikt. En grundprincip inom etik är att alla människor förtjänar att behandlas med lika mycket respekt. Vi bör inte favorisera människor utifrån etiskt irrelevanta kategorier, till exempel så bör vi inte heller favorisera människor som skadas av en typ av orsak framför en annan om skadan är lika stor. Olika kulturer sätter olika stor vikt på jämlikhet. I Sverige anses jämlikhet vara en av de mest centrala principerna för offentligt beslutsfattande. Denna princip uttrycks bland annat i Regeringsformens första kapitel, "Statsskicketets grunder":

1 kap. 2 § Den offentliga makten ska utövas med respekt för alla människors lika värde och för den enskilda människans frihet och värdighet. (SFS 1974:152)

Ett sätt att förhålla sig till alla människors lika värde är att värdera människoliv på samma sätt. Vi bör inte diskriminera mot framtida liv genom att behandla dem sämre än vad vi behandlar samtida liv, men vi bör inte heller behandla samtida liv bättre än framtida liv.

Därför kan det vara relevant att beakta hur mycket det offentliga värderar människoliv idag, och använda det som en utgångspunkt för att bedöma om en utgift som syftar till att rädda människoliv i framtiden är motiverad ur ett jämlikhets- och rättviseperspektiv. OECD rekommenderar ett utgångsvärde för EU-länder på 3,6 miljoner dollar för en vuxen person (OECD, 2012). Enligt det mått som Trafikverket tillämpar, så är värdet på ett statistiskt liv 44 miljoner kronor, en höjning från 24 miljoner, som tidigare gällde (Läkartidningen, 2018, (Trafikverket, 2024). Utifrån denna siffra kan vi alltså resonera hur motiverat det är, utifrån perspektivet att vi vill förhindra mortalitet i framtiden, med finansiella investeringar i en minnesinstitution. Märk väl att det som diskuteras här inte är slutförvaret i sin helhet, utan en institution som har till uppgift att bevara handlingar, kunskap och minnen relaterade till slutförvaret.

En olycka där använt kärnbränsle kommer upp till ytan på ett oavsiktligt sätt skulle förstås också skada människor allvarligt, och det skulle även kunna skada djur och göra platsen förorenad (åtminstone tills att den sanerats). Allt detta bör förstås också beaktas. Detta görs också när det handlar om trafikolyckor. De materiella kostnaderna för en dödsolycka är enligt Trafikverket cirka 50 miljoner kronor. Dödsolyckor kan förstås också drabba flora och fauna negativt, men detta tycks inte vara något som Trafikverket tar hänsyn till i sitt mått. Jämförelsen mellan statistiska liv som dödas i trafiken och statistiska liv som dödas av en olycka relaterad till kärnavfall är rimlig. I båda fallen handlar det om *statistiska liv*, alltså liv som tillhör människor som inte är unikt identifierbara. I fallet med trafiksäkerhetshöjande åtgärder berörs både liv som existerar

nu och liv som inte ännu existerar. I fallet med en minnesinstitution berörs liv som ännu inte existerar.

6.2 Kan risker mot människor motivera en minnesinstitution?

Eftersom risker mot framtida generationers liv och hälsa ofta anses vara det viktigaste skälet till att bygga en minnesinstitution, har detta projekt försökt förstå och analysera de möjliga riskerna som är förknippade med ett scenario där det finns ett välfungerande slutförvar men där institutioner för handlingar, kunskap och minnen saknas. För detta har forskare och experter inom olika områden hörts.

Resultaten från enkätstudien och de uppföljande intervjuerna ger vid handen att sannolikheten för att en händelse där människor exponeras på ett hälsovådligt sätt för det använda kärnbränslet - under antagandet att slutförvaret fungerar som det ska - är extremt låg, även om en minnesinstitution inte finns. Om en sådan händelse ändå skulle inträffa, är medianuppskattningen av det antal människor som skulle exponeras 30 personer. Antalet djur som skulle påverkas är ovisst.

Enligt experterna som svarade på vår enkät var sannolikheten för en katastrof relaterad till en penetration av slutförvaret om 500 år, som hade kunnat undvikas av en minnesinstitution, 0,06 %. Om en sådan skulle ske, skulle 5 personer dö, enligt medianuppskattningen. Det innebär att 0,003 statistiska liv skulle räddas av en sådan institution. Om vi vill värdera dessa liv på samma sätt som Trafikverket värderar liv (44 miljoner kr per liv) idag, kan vi konstatera att det kan vara motiverat att spendera ungefär 132,000 kr på en sådan institution (44 miljoner x 0,003).

Denna typ av uppskattning kan givetvis inte sägas vara en prediktion eller slutgiltig bedömning av riskerna. Det viktiga i sammanhanget är inte om 30 eller 300 personer riskerar att exponeras. Istället kan man se denna bedömning som en utgångspunkt för den relativa risk som kärnbränslet utgör, givet att slutförvaret fungerar som det ska.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att om vi enbart tar hänsyn till framtida generationers liv och hälsa, är det svårt att ur ett samhällsekonomiskt perspektiv motivera det aktiva spenderandet av pengar idag på en minnesinstitution. Detta eftersom dess förväntade nytta i termer av räddade människoliv och främjande av hälsa är så begränsad. Men en sådan institution kan fortfarande vara önskvärd av andra skäl, (1) bränslet kan bli mycket värdefullt i framtiden och (2) politiska skäl. Vi diskuterar dessa nedan.

6.3 Bevarandet av information, kunskap, möjligheter och minnen

KBS-3 är en metod med många fördelar, som diskuterats ovan. Men en nackdel är att KBS-3 gör återtag av bränslet mycket svårt, när slutförvaret väl har slutligt förslutits. Återtag med denna metod skulle kräva en process som sannolikt skulle vara mycket kostsam, och förenad med stor risk. En konsekvens av detta är att KBS-3 begränsar framtida generationers självbestämmande i åtminstone denna bemärkelse. Det innebär

inte att KBS-3 är en dålig metod, eller att framtida generationer nödvändigtvis kommer att drabbas negativt. Men KBS-3 kan förenas med större autonomi för framtida generationer vore att, likt hur Frankrike reglerat en hög grad av omvändbarhet i beslutsprocessen fram till den slutliga förslutningen. Och i Tysklands fall även föreskrivit att ett eventuellt återtag av det använda bränslet ska vara möjligt för en period av 500 år efter slutlig förslutning. I Sverige är planen idag att en del av det avfall som idag är i mellanlager i Oskarshamn, ska börja deponeras i slutförvaret när det står klart. Men slutförvaret ska inte slutligt förseglas förrän allt avfall från våra reaktorer deponerats där. Enligt nuvarande (och möjligen daterade) tidslinjer skulle detta ske om ungefär 70 år. Denna tidslinje för förslutningen av slutförvaret utgår nämligen från tidigare politiska överenskommelser enligt vilka inga nya reaktorer skulle byggas i Sverige.

Slutförvaret kan komma att slutgiltigt förslutas senare i tid om nuvarande reaktorer skulle fortsätta att användas under en längre period än vad som tidigare avsetts², eller om nya reaktorer skulle byggas. Det bränsle som används idag kan nämligen inte deponeras i slutförvaret direkt från reaktorn, utan måste förvaras på andra sätt i flera decennier tills radioaktiviteten nått en hanterbar nivå. Detta beror på att radioaktiviteten är så intensiv från ”färskt” kärnbränsle att det är svårt att hantera och transportera på ett säkert sätt, dels för att radioaktiviteten från en bränslestav som kommer direkt från reaktorn kan döda på långa avstånd, dels för att bränslet alstrar stora mängder värme. Värmeutvecklingen innebär att allt brännbart material som är i närheten av bränslet riskerar att antändas. Därför måste bränslet först förvaras i vatten nära reaktorn i minst ett år. Efter det transporteras bränslet till ett centralt mellanlager för använt kärnbränsle (Clab) i Oskarshamn. I Clab mellanlagras det använda kärnbränslet i vattenbassänger i cirka 30–40 år. Först då kan bränslet slutförvaras. Alltså kommer förslutningen av slutförvaret att dröja många decennier efter att den sista reaktorn i Sverige stängts ned. Det innebär att om nya reaktorer byggs, som regeringen avser ska ske inom tio år, och en sådan reaktor drivs i 70 år, så kan det dröja mycket länge innan slutförvaret försluts.

Dessutom finns risken för korrosion av kopparkapseln som omgärdar bränslet. Enligt professor Christofer Leygraf vid KTH så är 40 år i mellanlager för kort tid för att slutförvara bränslet, då det fortfarande kommer att vara ganska varmt när det slutförvaras. Forskning vid KTH under de senaste åren har nämligen visat att koppar under exponering vid 60° C för grundvattenliknande förhållanden påverkas mycket kraftigt av så kallad inre korrosion jämfört med exponering vid rumstemperatur (Yue et al., 2023). Om den varma kapseln skulle komma i kontakt med grundvatten (vilket förvisso är väldigt osannolikt) skulle korrosion gå mycket snabbare än om tiden i mellanlager förlängdes till 100 år, enligt Leygraf. Om Leygrafs farhågor om den förhöjda risken för korrosion när bränslet fortfarande är varmt stämmer, kan det resultera i att förslutningen kan komma att fördröjas ytterligare.

Att hålla slutförvaret helt öppet betyder att bränslet deponeras i slutförvarsanläggningen, men att deponeringstunnlarna inte försluts under driften av anläggningen. Hur lång tid som anses vara rimligt att hålla en sådan anläggning öppen skiljer sig år och i Frankrike har en tidsperiod på 100 år bestämts. Det kan finnas olika skäl att avvakta med slutlig förslutningen av slutförvaret, utöver de ovan nämnda praktiska skälen.

1. Framtida generationer får större möjlighet att återanvända bränslet.
2. Nya, mer kostnadseffektiva och/eller säkrare metoder att slutförvara bränslet kan komma att introduceras.

² Under antagandet att ytterligare avfall ges tillstånd att placeras i slutförvaret i Forsmark.

3. Ny kunskap kan tillkomma som kan påverka bedömningen om slutförvarets skyddsförmåga.

Dessa tre överväganden har den gemensamma nämnanen att de ger uttryck för en princip inom beslutsteori som kallas "Optionsvärdeprincipen" (Option Value Principle). Enligt denna princip så bör vi skjuta upp att fatta beslut som är irreversibla eller svåra att ångra, om det är möjligt att göra detta till en rimlig kostnad. Tanken bakom principen är att situationen kan förändras över tid på sätt som kan göra beslutet fel eller överflödigt. Om ny kunskap eller teknologi tillkommer efter att slutförvaret förseglats, kan detta innebära att det blir väldigt kostsamt att ångra beslutet. Men så länge slutförvaret är öppet, kan beslutet att försegla det fattas. Det kan alltså vara rimligt att avvakta med slutlig försegling så länge som de förväntade kostnaderna för det inte överstiger de förväntade kostnaderna av att ångra sig.

Nackdelen med ett slutförvar som är tänkt att hållas öppet under en längre tid är att det kan påverka slutförvarets barriärsystem på så sätt att skyddsförmågan efter slutgiltig förslutning försämras. En förlängd tidperiod med öppna förhållanden kan därför leda till att förändringar behöver vidtas i designen, vilket leder till högre kostnader. Om det också är tänkt att beslutsprocessen ska vara reversibel fullt ut, behöver installationer och infrastruktur byggas för att ett återtag av deponerat kärnbränsle kunna ske på ett industrialiserat och säkert sätt.

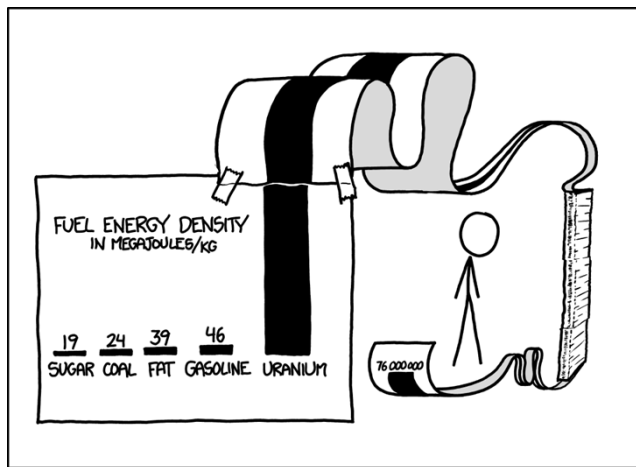
Om bränslet förvaras i ett icke-förslutet slutförvar ökar behovet av en minnesinstitution. Detta eftersom ett förvar som är förslutet skulle vara säkrare än ett förvar som inte är förslutet, där det skulle vara lättare att oavsiktligt komma i kontakt med kärnbränslet. Det scenario som enkäten beskrev för expertgruppen förutsatte att slutförvaret var förslutet. Om det inte skulle vara förslutet är risken mycket större att obehöriga oavsiktligt närmar sig avfallet. I ett scenario där slutförvaret inte är förslutet, och där en social kollaps resulterat i att den aktiva övervakningen och skalskyddet av förvaret fallerar, skulle det finnas en överhängande risk att platsen upptäcks av människor. Ett icke-förseglat slutförvar skulle också underlätta ett säkert och kontrollerat återtag av bränslet, vilket också motiverar en minnesinstitution där bland annat information om hur bränslet kan hanteras på ett säkert sätt finns. Eftersom vi inte vet när slutförvaret kommer att förseglas, och hur lång tid som det radioaktiva bränslet kommer att vara där, så kan en minnesinstitution motiveras av de risker och möjligheter som denna fas i bränslets framtid utgör.

Men även om vi i slutändan väljer att hålla oss till originalplanen, kan en minnesinstitution fortfarande vara motiverad. Om vi väljer att verkställa KBS-3 som planerat, så begränsar vi framtida generationers självbestämmande. En sådan handling kan motivera andra handlingar som kan ha ett kompensatoriskt syfte. En minnesinstitution ökar sannolikheten för att framtida generationer kan göra informerade val med avseende på det använda kärnbränslet, vilket kan sägas stärka deras rätt till självbestämmande. Med andra ord: det faktum att vi väljer att begränsa framtida generationers självbestämmande kan utgöra skäl till att vi också har ett moraliskt ansvar att på andra sätt reducera effekterna av våra handlingar.

6.4. Kan kärnbränslets värde motivera en minnesinstitution?

Kärnkraft är på ett ytligt plan ett kraftslag som påminner om andra typer av kraftverk. Ett kärnkraftverk använder bränsle för att generera värme som värmer upp vatten som i sin tur får en elgenerator att snurra.

Men en viktig skillnad mellan kärnkraftverk och kraftverk som producerar värme med fossila bränslen eller biobränslen är att uran är mycket mer energirikt än dessa andra bränslen. Den här seriestrippen förmedlar på ett pedagogiskt sätt skillnaden.³



SCIENCE TIP: LOG SCALES ARE FOR QUITTERS WHO CAN'T FIND ENOUGH PAPER TO MAKE THEIR POINT PROPERLY.

Ett kilogram uran innehåller mer energi än tusen ton bensin. För att illustrera detta: anta att en vanlig tankbil kan transportera 34 000 liter bensin. En bit uran som du kan hålla i handen har alltså lika mycket energi som lasten hos 78 tankbilar.

Mängden bränsle per kWh som behövs för att driva ett kärnkraftverk är alltså mycket mindre än i ett kolkraftverk. Detta är på många sätt en stor fördel för kärnkraften. Kostnaden för kärnkraften är huvudsakligen kostnaden att

bygga, finansiera och underhålla kärnkraftverket.⁴ Bränslekostnaden är förstås inte noll, men till skillnad från kolkraftverk är bränslet en mycket mindre del av kostnaderna. En annan anledning till att bränslekostnaden är en liten andel av kostnaderna är att uran är relativt billig idag. Antalet reaktorer i bruk i världen ökade snabbt fram till och med 90-talet. Sedan dess har utbyggnaden av kärnkraften gått mycket långsammare, och antalet reaktorer har minskat de senaste fem åren, enligt Statista (2024). Detta har reducerat efterfrågan på uran. Idag ligger priset på cirka 100 dollar per kg uran, vilket alltså motsvarar mängden bensin i 78 tankbilar (Jaganmohan, 2024).

Skälet till att priset på uran är relevant för den här diskussionen är för att dagens använda kärnbränsle kan återanvändas. Kärnbränsle består av anrikat uran. I naturliga uranfyndigheter är uranisotopen uran-238 vanligast, men i uran kan man ibland finna isotopen uran-235. Det är uran-235 som man kan använda som fissilt material i en vanlig kärnreaktor. För att detta ska vara möjligt anrikar man uran så att halten uran-235 blir åtminstone 3–4 %. En bränslestav med uran består alltså till 96 % av uran-238 som i princip inte gör någonting. När bränslet tas ut reaktorn har $\frac{2}{3}$ av uran-235 förbrukats, men nästan allt uran-238 finns kvar. Men det som är fascinerande med uran-238 är att det är ett potentiellt bränsle!

³ Bild hämtad från xkcd.com, tillhörande skaparen Randall Munroe. <https://xkcd.com/1162/>

⁴ Ett skäl till att det är så dyrt att bygga kärnkraftverk är att den *politiska risken* (alltså risken att politiker kommer att fatta beslut som påverkar lönsamheten negativt) är så stor, vilket gör att kärnkraftsbolagens lånekostnader är höga. Om dessa kunde ta lån till de räntor som Sverige betalar för sin statsskuld, skulle detta få en väsentlig effekt på lönsamheten.

Uran-238 är inte *fissilt* men *fertilt*. Vad innebär det? Det innebär att det är ett material som kan bli fissilt om det utsätts för tillräckligt med neutroner. För att få igång reaktionen blandar man uran-238 med fissilt material. Uran-238 kan då omvandlas till plutonium-239, som är i allra högsta grad fissilt. För att åstadkomma detta behövs en typ av reaktor som kallas bridreaktor (eng. "fast breeder reactor"), och som är en reaktor där fissionsreaktionen designats för att generera mer neutroner än vanligt. Dessa neutroner bombarderar rör med flytande uran-238, som då transmuterar till plutonium. Det som i folkmun kallas för "kärnavfall" är alltså en möjlig framtida energikälla av tämligen stora proportioner. Betänk att kärnkraften genererat en betydande andel av elektriciteten i Sverige sedan 80-talet. Detta har skett med en bråkdel av bränslet som ska slutförvaras.

Men värdet i det bränslet bestäms inte enbart av dess energiinnehåll, utan också av andra ekonomiska faktorer. Bridreaktorer är dyra och komplicerade, och frågan är varför de behövs när ett kilo "vanligt" anrikat uran kostar bara 100 USD? Det korta svaret är förstås att bridreaktorer inte behövs just nu, och att vi har skäl att för tillfället behandla det använda kärnbränslet som avfall.

Men, som vi lärt oss från historien, kan den ena generationens avfall vara framtida generationers guld. Ett exempel på detta är aska från förbränning av kol i kraftverk. Tidigare dumpades askan i på sätt som i vissa fall var mycket skadliga för miljön. Idag används askan i betong för att öka dess mekaniska egenskaper (Nayak *mf l.* 2022). Detta är i synnerhet fallet när avfallet i fråga är en ändlig resurs och en väldigt sällsynt metall i ekonomiskt signifikanta koncentrationer i jordskorpan. Mängden uran som är lönsam att utvinna till dagens priser räcker ungefär i ett sekel till, under nuvarande trender i efterfrågan (OECD-NEA, 2023). Under vilka omständigheter skulle uran-238 bli framtidens guld? Det finns ett antal möjligheter som skulle kunna, under nästkommande sekel, bidra till att efterfrågan på kärnbränsle ökade kraftigt.

1. Ekonomisk tillväxt. Om den globala ekonomin fortsätter att öka i nuvarande takt (3,5 % per år) så innebär det att den globala ekonomin fördubblas vartannat decennium. Givet att energikonsumtionen ökar samtidigt som ekonomin växer, skulle det innebära en ökning av efterfrågan på energi. Om världsekonomin ökar på detta sätt, skulle det innebära att den är 32 gånger större än idag om 100 år.
2. Kärnkraften ökar sin andel av den globala energimixen. Idag står kärnkraft för 10 % av den globala energiproduktionen. För att uppnå målen satta i Parisavtalet behöver världen snabbt fasa ut fossil energiproduktion, som idag står för ungefär 80 % av energiproduktionen. I de scenarier där detta sker på det mest kostnadseffektiva sättet, ersätts fossila bränslen med en mix av förnyelsebar energi och kärnkraft, vilket skulle innebära att kärnkraftens andel av energimixen ökar (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). Om detta skulle ske, skulle det öka efterfrågan på uran, även i ett scenario där tillväxten är låg.
3. Utbyggnad av den globala kärnvapenarsenalen. En möjlighet som dessvärre tycks allt mer sannolik är att vi under de nästkommande decennier kommer att se en ökning av antalet kärnvapen. Denna utveckling verkar drivas av ett antal faktorer:
 - a. Bättre system för missilförsvar ökar det upplevda behovet av fler missiler. Eftersom system förväntas skjuta ned ett visst antal kärnvapenrobotar, anser en

del kärnvapenmakter att de behöver fler kärnvapen för att kunna uppnå samma effekt.

- b. Ett större antal länder har kärnvapen nu än någonsin tidigare, och ett flertal länder som inte har kärnvapen har signalerat att de är intresserade av att skaffa sig sådana (The Economist, 2023, 2021).
- c. Tilliten mellan de stater med flest kärnvapen (Ryssland och USA) är lägre än på mycket länge, vilket innebär att avtal för att begränsa antalet kärnvapen inte är sannolika på kort eller medellång sikt.
- d. Kina håller redan idag på att öka antalet kärnvapen, som för 10 år sedan bestod av endast 200 missiler, till ungefär 1500 missiler år 2035. Detta skulle kunna initiera en utökning av arsenalerna i Indien (Williams, 2024).

Denna utbyggnad kan komma att leda till högre priser på uran. Dels för att höganrikat uran (90 % uran-235) behövs för att tillverka kärnvapen, dels för att det skulle kunna leda till att handeln med uran begränsas på sätt som hämmar tillgången.

Det finns å andra sidan trender och möjligheter som skulle innebära att uran kraftigt faller i pris, och att det skulle bli helt ointressant att återanvända bränslet.

1. Ett eller flera teknologiska genombrott som möjliggör storskalig och ekonomiskt hållbar lagring och transport av elektricitet. Den här typen av genombrott skulle öka användbarheten av förnyelsebar energi och minska behovet av kärnkraft.
2. Forskning och utveckling av reaktorer som använder sig av torium. Torium är, liksom U 238, ett fertilt material, som kan konverteras till fissilt material med rätt sorts process. Fission av torium har flera attraktiva egenskaper relativt fission av uran-238 (via transmutation till plutonium-239). Det finns mycket mer torium än uran (IAEA, 2019).
3. Flera teknologiska genombrott som möjliggör kommersiell energiproduktion med fusion. Den fusionsteknologi som utvecklas idag använder sig av två isotoper av väte: tritium och deuterium. Deuterium går enkelt att extrahera ur havsvatten och tritium kan framställas ur litium, en mycket vanlig metall. Om fusionsenergi blir möjligt, kommer det sannolikt att vara det definitiva slutet för efterfrågan på uran.
4. Ett stort antal av världens länder bestämmer sig för att av politiska, sociala eller kulturella skäl inte bygga ut kärnkraften. Eftersom uran huvudsakligen används till kärnkraft och kärnvapen, skulle detta göra avfallet värdelöst.

Hur sannolika är dessa möjliga scenarier? Detta är en fråga som kräver helt andra resurser och färdigheter än vad detta projekt har för att besvara. Men det vi kan konstatera nu är åtminstone att det inte är orimligt att det använda kärnbränslet som kommer att produceras av svenska kärnkraftverk sammantaget *kan* komma att vara oerhört värdefullt för framtida generationer. Vi kan inte sätta precisa siffror på dess värde, men det är inte uteslutet att det kan vara så värdefullt att det i sig kan motivera utgifterna för en minnesinstitution.

Om nu kärnbränslets värde kan motivera en minnesinstitution, kan den också motivera att tillämpa den franska strategin som fastställt i lag att deponeringsprocessen måste vara reversibel under minst hundra år? Denna frågeställning kan skapa en konflikt mellan två viktiga etiska principer i den här diskussionen. Å ena sidan *ansvarsprincipen*, att denna generation har ett ansvar gentemot framtida generationer att ta hand om det farliga avfall vi har skapat. Å andra sidan finns självbestämmandeprincipen, att vi bör ge framtida generationer så stort självbestämmande som möjligt. Men givet vissa antaganden, kan konflikten mellan dessa perspektiv reduceras. Som vi diskuterade ovan, så är det inte alls otänkbart att någon eller några teknologiska genombrott sker som innebär att det använda kärnbränslet för all framtid bör betraktas som enbart avfall, och inget annat. När kan dessa genombrott tänkas ske, om de är möjliga?

Det är förstås omöjligt att veta detta. Men vi kan konstatera att det för tillfället spenderas mycket pengar på forskning och utveckling på att utveckla de teknologier som skulle göra bränslet överflödigt. Om någon av dessa teknologier är möjliga, är det ganska sannolikt att det skulle ske ett genombrott inom 70 år vad gäller nya sätt att överföra och lagra energi och att använda torium i fission på ett ekonomiskt sätt.

6.5. Politiska skäl

6.5.1 Internationella avtal och konventioner

I Internationella atomenergiorganet IAEA:s säkerhetsstandard *SSR-5 Requirement 1: Government responsibilities* framgår det att det är statens ansvar att tydliggöra ansvarsfördelningen och säkrandet av finansiella resurser för omhändertagandet av det radioaktiva avfallet.

Sverige har ratificerat Århuskonventionen (1998), som arbetats fram inom FN:s ekonomiska kommission för Europa (UNECE). Enligt denna konvention har Sverige ett ansvar att allmänheten har tillgång till information, möjlighet till deltagande i beslutsprocesser och tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor. Konventionen syftar till:

"[...] att bidra till att skydda den rätt som var och en i nuvarande och framtida generationer har att leva i en miljö som är förenlig med hans eller hennes hälsa och välbefinnande skall varje part garantera rätten att få tillgång till information, allmänhetens rätt att delta i beslutsprocesser och rätten att få tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor i enlighet med bestämmelserna i denna konvention."

Sverige har även ratificerat konventionen om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om hanteringen av radioaktivt avfall, Joint Convention. Artikel 17 i denna lyder:

"Varje fördragsslutande part skall vidta lämpliga åtgärder för att, efter förslutning av en slutförvarsanläggning, säkerställa att (i) handlingar som beskriver anläggningens förläggning, utformning och innehåll, som krävs av tillsynsorganet, bevaras, ..."

Det är alltså tydligt att Sverige har åtagit sig att vidta effektiva åtgärder för att relevant information rörande slutförvaret ska föras vidare till framtida generationer. Den här

rapporten har diskuterat varför det inte räcker att göra detta med passiva åtgärder, såsom symboler, texter och monument. Därför behövs en minnesinstitution för att uppfylla Sveriges åtaganden i enlighet med Århuskonventionen och Joint Convention.

6.5.2 Legitimitet

Inom statsvetenskapliga forskning om förvaltningar är det vanligt att utgå från sociologen Max Webers ideala definition av staten som en mänsklig sammanslutning som inom ett visst område har monopol på *legitim kontroll* över hur *våld* får användas (Weber 1977, 41, i Anckar et al. 2019). Staten består av ett antal institutioner, och mycket tyder på att dessa institutioners legitimitet utgör en central aspekt av statens kapacitet att verka. Sovjetunionen är ett exempel på när bristande legitimitet ledde till bristande effektivitet och till slut upplösning. Enligt Weber innebär legitimitet att den makt som utövas uppfattas som rättfärdig av dess invånare (Weber 1983, i Teorell 2018). Om en stat uppfattas som legitim följer därför invånarna (oftast) statens regler utan att den behöver ta till våld. Med legitimitet i detta sammanhang menas ”deskriptiv legitimitet”, alltså att de relevanta intressenterna uppfattar en stat som legitim, vilket inte nödvändigtvis behöver innebära att staten är legitim i normativ bemärkelse.

Man brukar tala om att politisk legitimitet kan erhållas på två sätt: genom politikens processer, och dess resultat (Persson & Sjöstedt, 2018). Processer handlar i det här sammanhanget om hur politiken utformas, och här antas ofta att legitimiteten ökar ju mer inflytande medborgarna har över det politiska beslutsfattandet.⁵ Andra processrelaterade faktorer kan dock också påverka legitimiteten, i icke-demokratiska samhällen. Till exempel tvingades kung Edward VIII abdikera 1936 efter att han gift sig med en främskild kvinna, Wallis Simpson. Politikens resultat handlar om implementeringen av de politiskt fattade besluten i enlighet med vad allmänheten betraktar som bra eller rättvist. Detta kan handla om beslut som främjar ekonomisk tillväxt eller bättre luftkvalitet.

En tredje typ av legitimitet har diskuterats allt mer inom politisk teori: ”performativ legitimitet”. En politiker eller institution kan åtnjuta hög performativ legitimitet om den agerar på vissa symboliska eller performativa sätt (Cross, B. 2024). Till exempel: Den tyska Högsta domstolens domare klär sig i särskilda röda dräkter när de utövar sitt ämbete. I den mån domstolens kläder bidrar till dess legitimitet, kan man säga att legitimiteten i så fall är åtminstone delvis performativ.

Det är välkänt att kärnkraft är ett kraftslag som åtnjuter låg legitimitet, relativt andra kraftslag. Detta är något som förespråkare av ökad användning av kärnkraft måste förhålla sig till. Dessa måste ständigt verka för att stärka legitimiteten hos kärnkraften på olika sätt. Ett slutförvar är på många sätt en investering i ett resultat (reducera risken för människor) som kan förväntas höja legitimiteten. Men företrädare för kärnkraftsindustrin har också goda skäl att agera på sätt som bidrar till den performativa legitimiteten. Att finansiera en minnesinstitution kan sägas vara en sådan performativ handling. Genom att på ett utstuderat och symboliskt sätt visa omtanke för framtida generationer kan dessa bidra till att öka legitimiteten gentemot kärnkraft hos allmänheten. Att använda sig av symboler och performativa handlingar behöver inte nödvändigtvis vara dåligt eller reducera en institutions legitimitet i en normativ mening. Formalia och symboliska akter är kraftfulla sätt att kommunicera intentioner och värderingar, och gör det lättare för intressenter att bilda sig en uppfattning om vad en institution eller politiker vill eller

⁵<https://www-proquest-com.ezproxy.its.uu.se/docview/195556946/fulltextPDF/FF2128C234154865PQ/1?accountid=14715&sourceType=Scholarly%20Journals>

försöker göra. Så länge som institutionen åtnjuter normativ legitimitet i övrigt, innebär inte dess handlingar med syfte att öka den performativ legitimiteten att den blir mindre legitim i normativ bemärkelse.

7. Vad är en institution, och varför behövs institutioner?

7.1. Institutioner

Institutioner är ett mycket omdiskuterat begrepp inom samhällsvetenskaperna och humaniora. Det finns många definitioner, men grundläggande är att institutioner är komplexa och relativt bestående strukturer eller organiserade praktiker som fyller viktiga funktioner i samhället (Miller, 2007). Institutioner reglerar aktörers beteende och inbördes relationer i vissa situationer, och skapar på så sätt regelbundenhet (March & Olsen, 2005). Ett exempel på det är upprätthållandet av ett kluster av samverkande normer som trafikreglerna i Sverige. Genom att ha en regel som säger att man kör på höger sida, så behöver inte varje bilist gissa hur en annan bilist kommer att köra när hen lämnar uppfarten.

Formella organisationer som styrs av nedskrivna regler, till exempel politiska partier och myndigheter, är en typ av institutioner. Men även informella organisationer, utan nedskrivna regler, kan förstås som institutioner. Exempel på sådana är policynätverk och intressegrupper. En aspekt av institutioner som det råder olika uppfattningar om är hur de förhåller sig till organisationer. Enligt den politiska teoretikern Jean Blondel bör institutioner förstås främst som en typ av regler och praktiker, medan statsvetare tenderar att fokusera på organisationer och praktiker *inom* organisationer (Blondel, 2008). Sociologin är ofta någonstans däremellan. Skälen till att institutioner inom statsvetenskapen ofta också är organisationer är att politiska beslutsprocesser främst sker på samhällsnivå och inte individnivå, samt att besluten är tvingande även för personer som inte är involverade i beslutsfattandet. För att implementera regelverket behövs därför organisationer vars auktoritet ses som legitim av de individer som påverkas av dem. Med andra ord, en organisations legitimitet anses vara av central betydelse för dess förmåga att vara en effektiv och resiliant aktör i samhället.

Man kan även göra skillnad mellan intern och extern legitimitet. Den interna legitimiteten reflekterar hur legitim medborgare anser att staten är. Men för en stat kan det också vara viktigt att andra stater och dess medborgare uppfattar den som legitim. Där vissa typer av processer och politiska resultat kan vara viktiga för att säkra den interna legitimiteten, kan helt andra typer av processer krävas för att vara legitim inför externa aktörer. Under den franska revolutionen uppfattades till exempel Frankrike inte som en legitim stat av andra aktörer i det internationella systemet.

Dessa resonemang är inte unika för stater, utan även för organisationer som till exempel minnesinstitutioner. En sådan kommer att ha personal och en ledning som kan uppfatta institutionen och dess syfte på olika sätt. Att institutionen ses som legitim av dessa är förstas av avgörande vikt för att institutionen ska kunna sträva mot sina mål på ett effektivt sätt. Det är möjligt att en organisations aktiva medlemmar inte längre uppfattar den som legitim och ändrar organisationens karaktär och målbild på sätt som inte längre är förenliga med organisationens ursprungsidé. Ett exempel på det är Demokratiska partiet i USA, vars centrala mål var att till varje pris upprätthålla slaveriet och vit makt. Knappt hundra år efter inbördeskriget hade detta parti förvandlats till det parti som drev

igenom the Civil Rights Act, som var ett avgörande nederlag för Vit Makt-rörelsen. En organisations legitimitet beror, liksom statens, dels på huruvida organisationens beslutsprocesser uppfattas som legitima, men också i vilken mån organisationen förmår att leverera de resultat som det är tänkt att den ska göra.

För en organisation som en minnesinstitution är det minst lika viktigt som för en stat att uppfattas som legitim även av externa aktörer. Organisationer som saknar legitimitet blir nedlagda av regeringen, smutskastade av medierna, har svårt att attrahera personal och får svårt att få privat finansiering. I ett sammanhang där staten har kollapsat blir organisationer utan legitimitet ofta plundrade och fysiskt förstörda.

7.2 Minnesinstitutioner

En minnesinstitution är inte enbart en verksamhet som arbetar för att bevara det kollektiva minnet av allmän kunskap. Ofta handlar det om en samhällsförankrad funktion och mötesplats som värnar om utbildning, dess sammanhang, kultur och även nöje. Information och artefakter får en kontext genom medveten kunskapshandling och alla former av bevarande och information får ett sammanhang som kan hållas vid liv genom planerade finansieringssystem och långvariga engagemang.

Idén om minnesinstitutioner som arkiv, museer och bibliotek har troligtvis funnits i över 4000 år (Dascher, 2001, Bradsher, 2020). Människan har intresse av kunskap och historia som ett sätt att vidareutveckla civilisationen, och med inrättandet av dessa institutioner säkerställs bevarande, översättning och distribution. Detta gäller inte enbart källskrift, utan även tryckta böcker, artefakter och andra föremål, liksom systematiken kring hanteringen av sådan information och dess historik. Dessa institutioner samarbetar genom att fylla olika behov för bevarandet av historia.

Det finns exempel på moderna minnesinstitutioner som har upprättats med långsiktighet i åtanke. Ett exempel är Nucleus, som är ett arkiv för den brittiska civila kärnkraftsindustrin (*High Life Highland*) Arkivet samlar information i form av dokument, mikroform, planer, ritningar, foto och film som tidigare har funnits på flera olika platser i Storbritannien. I arkivets funktioner ingår utbildning av nya arkivarier.

Ett annat exempel är Svalbard globale fröhelv, eller den globala fröbanken på Svalbard (NordGen). Den ingår i ett internationellt samarbete med syfte att förvara genetiskt material på flera olika platser, för att motverka att denna resurs förloras för alltid. Ett liknande internationellt samarbete för informations- och kunskapshandling skulle vara av stort värde för att säkerställa resiliens och långsiktighet när det gäller den typen av minnesinstitutioner som föreslås här.



Figur 5. Nucleus (vänster) under licens <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/> Svalbard Global Seed Vault (höger) av Cierra Martin för Crop Trust. Bilder hämtade från Wikimedia Commons.

I Sverige finns det minnesinstitutioner som har existerat i hundratals år. Deras funktioner är kopplade till Sveriges historia, ekonomi, lagar, forskning, kultur och utbildning. Ett exempel är Kungliga biblioteket som har en lång historia med informationsbevarande. När pliktleveransen infördes 1661 var det originella syftet censur, men idag fokuserar biblioteket på att bevara och tillgängliggöra materialet (*Pliktleverans – Kb.se*, n.d.). Dess uppdrag är att samla in allt som publiceras i landet, bevara, katalogisera, tillgängliggöra, digitalisera, föra statistik, samt bedriva forskning på materialet, m.m. Kungliga biblioteket finansieras i huvudsak genom anslag från den svenska regeringen, som tilldelas genom statsbudgeten. Biblioteket kan även generera intäkter genom donationer, samarbeten, och serviceavgifter, till exempel licensiering av material, reproduktion och lokaluthyrning (*Årsredovisningar – Kb.se*, 2024).

Riksarkivet utgör ett annat exempel. Det grundades 1618 och bevarar mer än tusen år av historia (Det Svenska Riksarkivet, 2023). Dess uppdrag är att både bevara och säkerställa tillgänglighet av tillförlitlig information för offentligheten. Arkiven kommer från statlig förvaltning, privata företag, organisationer och enskilda personer. Riksarkivet erbjuder också utbildning genom föreläsningar, seminarier och visningar. Driftkostnader som rör bevarande och förvaltning av, samt allmänhetens tillgång till, dokument och arkiv, täcks av ett budgetanslag som Riksarkivet får från Sveriges riksdag genom Kulturdepartementet. En mindre del av den totala finansieringen kommer från intäktsgenererande tjänster som forskningsstöd och kopiering av dokument (Riksarkivet, årsredovisning 2023).



Figur 6. Kungliga biblioteket (vänster) Riksarkivet (höger). Bilder av Holger Ellgaard, hämtade från Wikimedia Commons.

Det finns alltså goda exempel på institutioner som har en liknande karaktär som den minnesinstitution som föreslås i denna rapport, institutioner som har funnits mycket länge i Sverige, som åtnjuter stor legitimitet och fått goda möjligheter att bedriva sin verksamhet på ett framgångsrikt sätt. Det är ett tecken på att det inte alls är omöjligt att upprätta en liknande institution som har för uppgift att bevara handlingar, kunskap och minnen om slutförvaret och dess innehåll.

7.3 Finansiering för en minnesinstitution

Kärnavfallsfonden förvaltar sedan 1982 de pengar som kärnkraftsbolagen och andra avgiftsskyldiga⁶ årligen betalar staten i syfte att i framtiden ha finansiella medel för att ta hand om använt kärnbränsle samt att avveckla och riva reaktorerna (*Om Kärnavfallsfonden*, n.d.). Hur mycket respektive bolag ska betala avgörs så att de beräknade framtida avgifterna och de fonderade medlen som härrör från tillståndsinnehavaren ska täcka deras beräknade framtida kostnader. Det är regeringen som beslutar om hur stor avgiften ska vara, utifrån Riksgäldens rekommendationer. Kärnavfallsavgiften ska användas för att täcka:

- Bolagens kostnader för hantering och slutförvar av restprodukter, avveckling och rivning av anläggningar samt nödvändig forsknings- och utvecklingsverksamhet
- Statens kostnader för förvaltning av fondmedlen, prövning om frågor om avgifter osv, tillsyn av avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar, prövning av frågor om slutförvar samt övervakning och kontroll av slutförvar
- Tillståndshavarens, statens och kommunernas kostnader för information till allmänheten om frågor som berör hantering och slutförvaring av kärnbränsle och kärnavfall (Lewenhaupt, 2020).

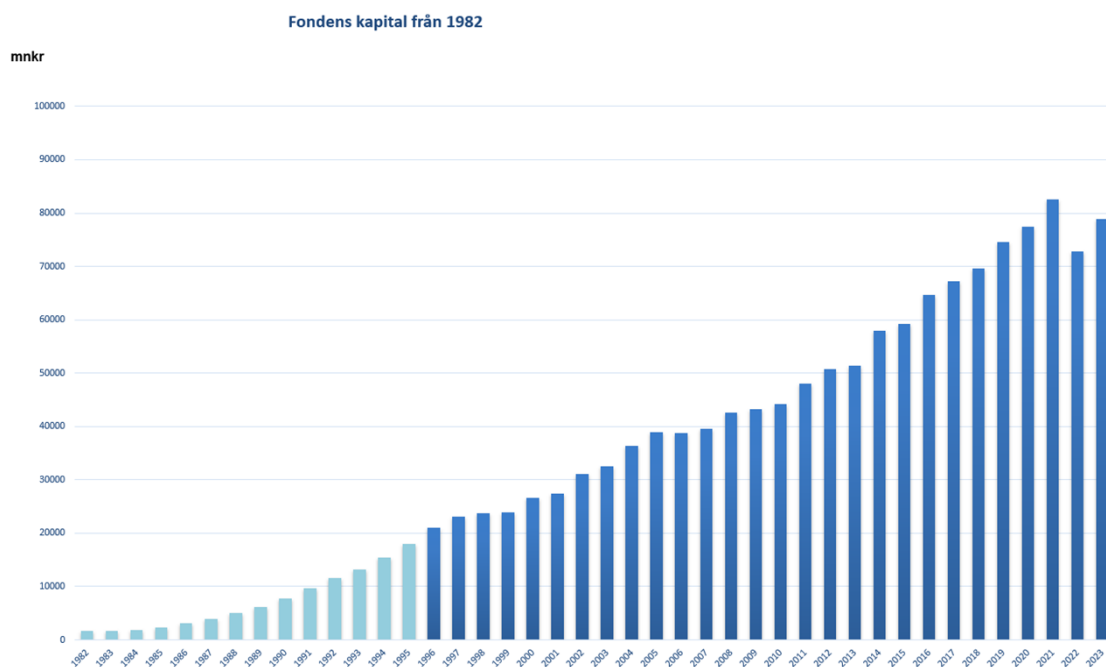
Det är alltså Kärnavfallsfonden som ska tillgodose de ekonomiska medlen till slutförvaret, men fondens pengar är inte tänkta att täcka eventuella kostnader som uppstår efter förslutningen av slutförvaret. Om kärnavfallsfondens medel ska användas till en minnesinstitution, så bör alltså en sådan finansieras före förslutningen.

Avgiftsmedlen placeras i två portföljer: en basportfölj (svenska statsobligationer, säkerställda obligationer och räntebärande konto i Riksgäldskontoret) och en långsiktig portfölj (svenska och utländska aktier och företagsobligationer). Idag är ungefär 60 % av varje avgiftsskyldig tillståndshavarens andel av fondmedlen placerade i basportföljen. Övergången till systemet med en bas- och en långsiktig portfölj påbörjades 2018 och fullgjordes 2021. Innan dess var 100 % av kapitalet i kärnavfallsfonden i basportföljen. Det bör noteras här att placeringsstrategin har varit extremt konservativ. Om en större andel av kärnavfallsfonden hade investerats i aktier som reflekterar index i ett antal olika börser, som är praxis för en investeringsstrategi över lång tid, så hade fonden haft en helt annan finansiell position.

Kärnavfallsfonden är en myndighet som leds av en styrelse, men har ingen egenanställd personal. Istället utförs kansligöromål av Kammarkollegiet. Det är även Kammarkollegiet som förvaltar fondens svenska aktier och företagsobligationer, medan förvaltningen av globala aktier och företagsobligationer sköts av Mercer Global Investments Europe Limited. Kärnavfallsfondens kapital uppgick i slutet av 2023 till 78,9 miljarder kronor

⁶ Forsmarks kraftgrupp AB, OKG AB, Ringhals AB, Vattenfall AB, Westinghouse Electric AB, Studsvik Nuclear AB, Cyclife Sweden AB, Chalmers TH AB och AB Svafo.

(Kärnavfallsfonden, 2023). Under samma år var Kärnavfallsfondens totala kostnader (inkl. depåavgift) och extern förvaltningsavgift (som inte belastar Kärnavfallsfonden som en kostnad) 44 miljoner. De största utgifterna var Kammarkollegiets kapitalförvaltning (14 miljoner) samt avgiften till externa kapitalförvaltare (ca 18 miljoner). År 2023 uppgick de totala inbetalningarna till fonden till 2,2 miljarder kronor.



Figur 7. Kärnavfallsfondens kapital 1982–2023 (*Historik*, kärnavfallsfonden.se).

8. Framgångsrecept

Hur kan en minnesinstitution utformas för att maximera sannolikheten för dess långsiktiga överlevnad? Svaret på denna fråga beror i hög utsträckning på vad som menas med "långsiktig överlevnad". I litteraturen om minnesinstitutioner och andra sätt att försöka kommunicera med framtiden har det funnits ett implicit eller explicit antagande om att "långsiktig överlevnad" innebär 100 000 år, eller den period som slutförvaret förväntas behövas. Givet ett sådant antagande behöver en minnesinstitution kunna överleva och finansieras på ett sätt som är oberoende av staten, eftersom staten bara kan förväntas existera under en bråkdel av den tiden.

Det är av detta skäl som en stor del av rapporten har fokuserat på att diskutera och motivera att "långsiktig överlevnad" bör tolkas som en tidsram på 300 år, snarare än 100 000 år. Med en tidsram på 300 år ändras bedömningen av det som är viktigt för att garantera långsiktighet. Eftersom vi kan anta att Sverige som stat (i någon form) kommer att finnas under denna tidsperiod, blir frågan om finansiering inte lika problematisk. En minnesinstitution skulle inte föra med sig någon större utgift i relation till statens budget och andra åtaganden.

Istället blir frågan om överlevnad snarare en fråga om att ha en organisationsform som gör att kortsiktiga eller populistiska politiska krafter inte på ett enkelt sätt kan lägga ned institutionen. Trots att det är rimligt att anta att Sverige kommer att existera i någon form i hundratals år till, kan en social kollaps förstås inte helt uteslutas. Därför kommer detta kapitel också att beröra hur en minnesinstitution kan överleva i ett sådant scenario.

8.1 Politisk långsiktighet

I det mest sannolika utfallet kommer Sverige de närmaste 300 åren att finnas kvar i någon form som en effektiv organisation, som dels kan finansiera en minnesinstitution, och dels kan skydda den mot våld, sabotage och andra externa hot. Den totala risken för en minnesinstitution är alltså låg i ett sådant scenario. Men det betyder inte att risken är obefintlig. Det finns två huvudsakliga riskfaktorer:

1. Bristande politiskt stöd
2. Organisatorisk avvikelse

Båda dessa risker kan i viss mån reduceras, men inte helt elimineras.

8.1.1 Bristande politiskt stöd

Att stödet för en minnesinstitution kommer att variera över tid är ofrånkomligt. Men att det politiska stödet för den är låg, innebär inte nödvändigtvis slutet för institutionen. Nedan följer ett antal rekommendationer som kan bidra till att en minnesinstitution överlever variationer i politiskt stöd.

A. Organisationsform

Både Kungliga biblioteket och Riksarkivet är myndigheter, vilket gör att de i teorin kan läggas ned av regeringen. Dessa myndigheter har en enorm legitimitet och ett grundmurat politiskt stöd, inte minst tack vare deras långa historia. En ny minnesinstitution kan inte

förvänta sig samma stöd, åtminstone inte initialt. Därför kan det vara klokt att överväga andra organisationsformer. En minnesinstitution skulle kunna ägas av en stiftelse, vars styrelsemedlemmar utses av regeringen i enlighet med vissa riktlinjer. Till exempel skulle stadgarna kunna fastslå att styrelsen ska bestå av representanter från akademien, näringslivet, politiken och kultursektorn. En eller flera styrelseledamöter skulle också kunna utses av anställda på minnesinstitutionen. Till skillnad från myndigheter, som regeringen kan välja att lägga ned eller slå ihop, har stiftelser en viss självständighet gentemot politiken. Detta gäller särskilt om stiftelsen har en betydande förmögenhet.

B. Egna fastigheter/mark

Vissa typer av egendom är viktigare än andra för en organisation som förväntas existera i hundratals år. Att disponera över sin egen fastighet och äga den mark där fastigheten står är en sådan egendom av särskild vikt. En minnesinstitution kommer sannolikt att behöva fastigheter som är specialanpassade för verksamheten, och kostnaderna för en flytt skulle därmed bli omfattande. Det kan till exempel behövas berggrum som är utrustade med särskild utrustning för att behålla en jämn temperatur och låg luftfuktighet (för att bevara pappershandlingar). Om institutionen inte äger sina fastigheter, blir den sårbar för påverkan från politiken eller andra aktörer som kontrollerar den. Om fastigheten till exempel ägs av staten, kan staten kraftigt reducera institutionens resurser genom att höja hyrorna. Samma sak gäller för marken.

C. Kontroll över vitala resurser

En organisation som syftar till att bevara handlingar, kunskap och minnen är beroende av en vital resurs: personal med rätt kompetens. Därför kan det vara viktigt att en sådan organisation har kapacitet att hålla sina egna utbildningar. Idag är en del myndigheter och organisationer beroende av externa aktörer för fortbildning av sin personal. Detta kan vara problematiskt för organisationen. Det finns en del exempel på fall där aktören som utbildar har en annan uppfattning om vad som är viktigt än organisationen som bedriver verksamheten. I andra fall kan en utbildningsorganisation vilja begränsa antalet som utbildas för att höja löner eller status för den gruppen, något som kan få negativa konsekvenser för organisationer som bedriver verksamhet som behöver mer personal.

D. En intäktsgenererande verksamhet

Om en minnesinstitution ska finansieras helt av avkastning från sin stiftelses förmögenhet, krävs sannolikt en förmögenhet som kan bli politiskt svår att motivera. Att bara ha en sådan intäktskälla kan också vara riskabelt, även om förmögenheten är diversifierad i enlighet med sofistikerad praxis inom branschen. Därför kan det vara motiverat att ge minnesinstitutionen möjlighet till diversifierade intäktskällor. Att på statligt uppdrag organisera utbildningar kan vara en sådan verksamhet. Men institutionen skulle också kunna bedriva museiverksamhet, bedriva forskning, utveckla nya metoder för informationsbearbetning och patentera dessa, osv.

E. Öppenhet, transparens och gedigna kontrollmekanismer

Institutioner som verkar i det fördolda och där allmänheten har dålig insyn tenderar över tid att bli korrumpierade och dra till sig aktörer som vill utnyttja detta. Därför är det mycket viktigt att organisationen på olika sätt öppet och tydligt kommunicerar hur verksamheten bedrivs och hur dess medel används. Verksamhetens ledning bör tillsättas med ett begränsat antal mandatperioder, och det bör finnas vattentäta skott mellan styrelse och verksamhet.

F. Utåtriktad verksamhet

Institutionen kan komplettera sin kärnverksamhet med utåtriktad verksamhet, till exempel föreläsningar i skolor och föreningar, samt ta fram material riktat till allmänheten. Att minnesinstitutionen verkar i det offentliga och förklarar vikten av sin existens bidrar till att stärka dess externa legitimitet. Det är viktigt att organisationen deltar i samtal och diskussioner i olika offentliga forum, såväl lokala som internationella.

G. Internationella kontakter

Ett flertal länder kommer att börja bygga anläggningar för slutförvar under de närmaste decennierna och några av dem diskuterar eller planerar egna minnesinstitutioner. Det är viktigt att dessa institutioner har god och tät kontakt med varandra och utbyter lärdomar, tekniker och färdigheter. Att bygga relationer med andra minnesinstitutioner kan också bidra till stabilitet genom möjligheten att ge varandra politiskt stöd. Ett sådant nätverk kan dessutom utgöra en viktig kontrollfunktion.

8.1.2 Organisatorisk avvikelse

Organisationer har stadgar, normer och rutiner som reglerar organisationens verksamhet och reproducerar dess uppdrag över tid. Men ingen uppsättning regler är perfekt. Om reglerna är för rigida kan organisationen inte anpassa sig till sin samtid på ett effektivt sätt. Om reglerna är för tillåtande och öppna för tolkning, kan organisationen över tid avvika från sin ursprungliga uppgift på ett sätt som underminerar organisationens ursprungliga syfte.

Generellt sett bör en organisation ha stadgar och praxis som inte kan förändras drastiskt på kort tid, enbart stegvis över en längre period. Ett exempel på det är hur styrelsemedlemmar utses för styrelsemyndigheter, (Regeringskansliet, 2018). I stället för att utse en majoritet av styrelsemedlemmarna samtidigt, kan ett mindre antal medlemmar utses vartannat eller vart tredje år, på ett sätt som gör det svårt för en regering att under en mandatperiod helt förändra styrelsens sammansättning.

Att organisationen har ett mått av interndemokrati, och att ett antal styrelseledamöter utses direkt av organisationens medarbetare, är ett annat exempel på en kontrollmekanism som kan motverka att organisationen avviker för mycket från sitt ursprungliga syfte. Detta skulle kunna vara möjligt om organisationen vore en stiftelse. Som nämndes i föregående kapitel, så kan låg intern legitimitet bidra till att institutionens personal förändrar verksamheten om kontrollmekanismer saknas. Detta kan också vara ett skäl till att inkludera en viss demokratisk kontroll för personalen över verksamhetens prioriteringar och utförande.

8.2 Överlevnad efter en hypotetisk kollaps

Sociala kollapsar är inte identiska, och de särskilda förhållanden som kan komma att trigga en social kollaps i framtiden kommer också att påverka hur en minnesinstitution kan drabbas. Men det finns ett antal överväganden som är relevanta att ta hänsyn till, och som är aktuella i de flesta scenarier som involverar en social kollaps. En händelse som rimligtvis har betydligt större konsekvenser än det stiliserade scenario som redovisas i avsnitt 5.1.

En social kollaps är ett utfall där politiska och sociala strukturer upphör att fungera, ofta som ett resultat av ett krig, en pandemi eller en omfattande naturkatastrof. I frånvaron av

dessa strukturer kollapsar också stora delar av den infrastruktur som kräver storskalig koordinering på nationell eller regional nivå, som till exempel elproduktion, vattenrening och långväga handel. En kollapsad infrastruktur leder i sin tur till att möjligheterna för produktion, distribution och förvaring av mat, mediciner, vatten och andra förnödenheter blir kraftigt begränsade, vilket resulterar i en demografisk kollaps (svält, sjukdom, ofrivillig migration), och konflikter över förnödenheter. Därefter upprepas processen i en ond spiral, där svält, krig och flyktingströmmar underminerar de kvarvarande institutionerna, som i sin tur orsakar allt mer kaos och sönderfall. Ett historiskt exempel på en regional social kollaps är provinsen Britannias (huvudsakligen dagens England och Wales) kollaps efter romarrikets reträtt i början av 400-talet. Stora delar av Britannias ekonomi kretsade kring de romerska garnisonerna som var utstationerade där. Dessa köpte en stor andel av de varor och tjänster som producerades. När de romerska trupperna drogs tillbaka fanns inte längre en stor byråkrati och armé som kunde köpa varor och tjänster från lokalbefolkningen, vilket ledde till en ekonomisk kollaps. Samtidigt intensifierades räder från germaner längs kusterna när romarrikets militära beskydd upphörde. De politiska institutionerna, som sett till att infrastrukturen underhölls, kunde inte längre fungera. De som kunde flydde till andra delar av världen. De som var tvungna tog till vapen för att antingen plundra andra eller skydda sig från plundring. Åkrarna lämnades osådda, städer försvann, teknologi gick förlorad, och antalet invånare minskade kraftigt. London (Londinium), som hade varit en storstad med enligt vissa bedömningar upp till 60 000 invånare, reducerades till en obebodd ruin i slutet av 400-talet (Lancashire, A. 2002).

Att detta sker i Sverige är förstås inte sannolikt. Men det är ett scenario som kan inträffa. Enligt vissa bedömare är risken $\frac{1}{4}$ att världen inom 100 år drabbas av en sådan katastrof att det leder till en social kollaps eller mänsklighetens undergång (Ord, 2020).⁷ Om en social kollaps skulle ske som liknar den i Britannia för 1600 år sedan, finns det en risk att de människor som befolkar Sverige talar ett helt annat språk än svenska, och att det inte finns intermediära översättningar av texter som överlappar både våra texter och framtida generationers. Ett sätt som utdöda språk har kunnat översättas av arkeologer och lingvister till moderna språk är genom att identifiera meddelanden på dessa språk och på språk som var kända. Det mest berömda exemplet på det är översättningen av hieroglyferna, ett bildbaserat språk som användes av den egyptiska civilisationen. Trots ett intensivt arbete med att försöka tyda hieroglyferna, så krävdes Rosettastenen, en inskription med ett och samma meddelande skrivet i både hieroglyfer och på klassisk grekiska.

En social kollaps innebär att en stor del av den sociala och fysiska infrastrukturen som är en förutsättning för samhällets existens förstörs eller skadas allvarligt. Vatten, elektricitet, vägar, avlopp, handel och mycket annat slutar att fungera. Sociala kollapser är ibland kortvariga, som till exempel i Tyskland efter andra världskriget. Efter en relativt kortvarig period av svält och oordning implementerades någon form av ordning av de olika ockupationsmakterna. Ibland är sociala kollapser dock mer långvariga. I dessa situationer uppstår likväl någon form av ordning när individer i lokalsamhällen organiserar sig för att lösa gemensamma problem. Denna typ av ordning är dock mycket fragil, och kan enkelt kollapsa igen. Även när en lokal ordning upprättats, kan en sådan ordning sällan på egen hand återupprätta en centraliserad stat som kan koordinera resurser, logistik och annat över längre avstånd. Elektricitet, internationell handel och andra typer av varor och tjänster kräver mer avancerade aktörer.

⁷ Toby Ord, *The Precipice*. Min gissning/uppskattning är att det råder 2 % risk att den globala civilisationen kollapsar inom ett sekel. (baserat på antalet kärnvapen, spridning av kärnvapen mm).

Scenariot vi föreställer oss här är ett där staten som organisation inte längre finns, men där gemenskaper formerats för att koordinera verksamheter på lokal nivå. Det är ett scenario där säkerhetssituationen är bristfällig, men det är inte ett fullt inbördeskrig. Vidare föreställer vi oss att den sociala kollapsen är tillfällig, och att det finns möjligheter för att bygga upp det som en gång förstördes inom en eller några få generationer. Även om fiktiva skildringar av sociala kollaps ofta avbildar en kollaps som är mer eller mindre irreversibel, så stämmer detta illa med vår historiska erfarenhet. Efter Romarrikets kollaps uppstod nya statsbildningar, liksom efter Mayarikets, Mykenes, och Mississippikulturens kollaps. (Diamond, J. M. 2011.)

8.2.1 Utmaningar för en minnesinstitution i händelse av social kollaps

A. Ekonomiskt bortfall

En minnesinstitution som förlitar sig på medel från det offentliga, eller från avkastning på finansiella tillgångar kan inte räkna med dessa i händelse av social kollaps. Även om institutionen har alternativa intäktskällor, kan man inte räkna med att dessa fortfarande är tillgängliga i en radikalt annorlunda miljö. Ju mer diversifierad verksamheten varit innan kollapsen, desto större möjlighet för minnesinstitutionen att hitta en ekonomisk nisch för att generera intäkter. Institutionen kan till exempel erbjuda utbildning, med tolkning och analys av gamla texter, med översättning av manualer osv. De färdigheter som personer som verkar i en minnesinstitution har skulle sannolikt vara värdefulla och efterfrågade i ett samhälle där kunskap om det förflutna öppnar upp möjligheter att använda sig av teknik som är svår att använda utan tydliga instruktioner.

Eftersom minnesinstitutionen skulle ha stor erfarenhet av att hantera olika medier för förvaring och överföring av information, kunde de också kunna erbjuda tjänster till det omgivande samhället som rör dessa problem. Om framtidens hårddiskar behöver repareras, eller avkrypteras, eller om information behöver extraheras från ett medium som gör den svårtillgänglig utan rätt kunskap, skulle en eventuell minnesinstitution kunna vara mycket behjälplig.

B. Bristande säkerhet

Personal, lokaler och tillgångar kan hotas i ett scenario där det inte finns en stat. I ett scenario där en stat saknas, kommer fysiska barriärer och andra ”hårda” värn mot våld inte att vara relevanta. Tillräckligt motiverade fientliga aktörer kommer sannolikt alltid att kunna komma runt den typen av säkerhetsåtgärder. Det är istället viktigt att minska riskerna mot minnesinstitutionen genom att aktivt verka för att upprätthålla dess legitimitet i lokalsamhället. Denna åtgärd har dessutom goda synergieffekter med åtgärder som kan motverka ett ekonomiskt bortfall. Genom att aktivt delta i lokalsamhällets ekonomi och bidra med värdefulla färdigheter och kunskaper, kan institutionen skyddas av detsamma.

Hög legitimitet är förstås inte ett ofelbart skydd, eftersom det kan finnas aktörer och grupper som inte delar samma normativa ramverk som lokalsamhället. Trots att kloster åtnjöt stor legitimitet hos germanska ”barbarer” (som var kristna) som ersatte den keltisk-romerska befolkningen i Britannien, saknades den i relation till de hedniska vikingarna. Att göra sig värdefull för sitt lokalsamhälle är viktigt, men det kan också vara viktigt att undvika att samla på sig objekt som gör en minnesinstitution värdefull för eventuella plundrare.

C. Hotad kompetensförsörjning

I händelse av social kollaps kommer den allmänna utbildningsnivån sannolikt kraftigt försämrats, vilket skulle innebära svårigheter att hitta ny personal. Denna svårighet kan delvis adresseras om minnesinstitutionen redan har en väl utbyggd infrastruktur för utbildningar – något som kan vara av värde även i ett scenario där en social kollaps inte äger rum. Om institutionen redan kan utbilda ny personal, så kan denna kompetens anpassas till rådande förutsättningar. Om andra utbildningsinstitutioner som kan ge en grundutbildning saknas i lokalsamhället, kan minnesinstitutionen vara en av initiativtagarna till att skapa en sådan bred utbildningsinstitution.

D. Brist på avancerade resurser

Idag sparas en majoritet av världens information på hårddiskar och annan digital media som dessvärre har kort livslängd. Detta är inte något stort problem för en minnesinstitution så länge tillgången på nya hårddiskar och digitala medier inte är begränsad, men det skulle kunna bli ett problem om tillgången på den typen av avancerade resurser upphörde. Detta är något som på relativt kort tid kan leda till en katastrofal förlust av information. Därför behöver en minnesinstitution kapacitet att i händelse av kris kunna bygga en diversifierad portfölj av medier för att förvara information, både analogt och digitalt. En sådan institution kan också behöva kapacitet att skapa egna medier för informationsbevarande, att till exempel kunna producera papper, bläck och tryckpressar. Detta kräver viss teknisk expertis, men kan utföras med verktyg som kan bevaras under långa tidsperioder.

9. Slutsatser

Denna rapport har bidragit med några reflektioner i frågan om vilka kostnader som kan och bör tillkomma efter slutförvaret av använt kärnavfall. Vi rekommenderar därefter, givet att KBS-3-metoden fungerar som den ska, så behöver inga fler kostsamma åtgärder finansieras vad gäller att skydda miljön. En del åtgärder kan vara lämpliga att vidta för att försäkra sig om lokalsamhällets stöd för slutförvaret, men dessa är dels ringa och kräver inte särskilda finansieringsmodeller från statens sida. Den stora utgiften som vi ser bör tillkomma efter en förslutning av slutförvaret är den långsiktiga finansieringen av en minnesinstitution. En sådan kan motiveras av tre skäl: (1) förhindra skador för framtida generationers hälsa, (2) öka självbestämmandet för framtida generationer, framför allt med avseende på möjligheten att återta bränslet, och (3) internationella åtaganden och andra politiska skäl. Vår slutsats är att även om (1) inte är tillräcklig för att motivera omfattande utgifter, men att (2) och (3) är (var och en) tillräckliga för att motivera sådana utgifter. Inom den internationella litteraturen om ”handlingar, kunskap och minnen”, har fokus ofta varit på åtgärder som vidtas i samband med förslutningen, och som sedan inte kräver ytterligare kostnader, till exempel varningssymboler, skulpturer och/eller tryckt informationsmaterial. Vi har argumenterat att dessa åtgärder inte är tillräckliga för att uppnå (2), särskilt inte med avseende på möjligheten att återta bränslet. Därför, menar vi, bör en institution som kan aktivt förvalta, översätta och förmedla handlingar, kunskap och minnen finansieras: en minnesinstitution.

Vi har även diskuterat hur länge det är rimligt att finansiera en minnesinstitution, och argumenterar för att 300 år efter förslutning är en rimlig tidsram. Utifrån denna tidsram, och det faktum att slutförvaret och minnesinstitutionen sannolikt kommer att existera under denna tid, menar vi att det inte behövs särskilda typer av finansiering för att säkerställa minnesinstitutionens resiliens. Kostnaden för en sådan institution kommer inte att vara en stor andel av statsbudgeten. Istället lyfter vi fram en rad konkreta förslag på hur en sådan institution kan utformas för att öka dess institutionella resiliens i relation till politiker och andra beslutsfattare. Slutligen ger vi även några rekommendationer som kan vara av värde för att öka minnesinstitutionens resiliens i det osannolika scenariot där statliga strukturer under en viss tid upphört att existera.

I korthet:

- Givet att KBS-3 fungerar som det ska, är inga kostsamma åtgärder relaterade till miljöskydd motiverade efter förslutningen av slutförvaret.
- Kostnader relaterade till civilsamhällets stöd och fortsatt forskning av relevans för slutförvaret är motiverade, även om KBS-3 fungerar som det ska.
- Kostnader relaterade till att informera framtida generationer är också motiverade.
- Endast en minnesinstitution kan med en rimlig sannolikhet överföra information till framtida generationer. Texter, bilder, symboler och annat är otillräckliga.
- Det finns huvudsakligen tre skäl (ur ett statligt perspektiv) som motiverar att en minnesinstitution bör byggas
 - Sverige har i internationella avtal och överenskommelser åtagit sig att göra det.
 - Främjar framtida generationers rätt till att fatta informerade val
 - Möjliggör för framtida generationer att återanvända kärnbränslet
- En minnesinstitution bör skapas, antingen som en självständig institution eller som en del av en liknande myndighet, som till exempel Riksarkivet.

- Minnesinstitutionen bör utformas på ett sätt så att den kan förväntas att existera i minst 300 år. För att försäkra sig om en sådan lång livslängd, har ett antal konkreta åtgärder diskuterats i denna rapport.
- Kostnaden för en sådan institution förväntas vara lägre än, men i samma storleksordning som Riksarkivet.
- Vi föreslår att minnesinstitutionen bekostas av medel från Kärnavfallsfonden.

10. Referenser

- Regeringskansliet. (2018, februari 5). *Vägledning för statliga myndighetsstyrelser*. Hämtad 2024-09-18 från <https://www.regeringen.se/informationsmaterial/2018/02/vagledning-for-statliga-myndighetsstyrelser/>
- Act No. 2006-739. 2006. Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000240700>
- Act No. 2016-1015. 2016. *LOI n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue (1)* <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000032932790/>
- Agenda 2030 för hållbar utveckling*. (n.d.). Regeringen. Hämtad 12-6-2024, från <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/>
- Anshelm, J. (2006). *Från energiresurs till kvittblivningsproblem*. (SKB R-06-113). Svenskt Kärnbränslehantering AB. Hämtad 15-1-2024, från <https://www.skb.se/publication/1173472/R-06-113.pdf>
- Arentsen, M. (2015). *With Access to the Future: Nuclear Waste Governance in The Netherlands*. In A. Brunnengräber, M. R. Di Nucci, A. M. Isidoro Losada, L. Mez, & M. A. Schreurs (Eds.), *Nuclear Waste Governance: An International Comparison* (pp. 281-298). Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-08962-7_13
- Årsredovisningar – Kungliga biblioteket – Sveriges nationalbibliotek – kb.se*. (2024, February 23). Kungliga biblioteket. Hämtad 13-6-2024, från <https://www.kb.se/samverkan-och-utveckling/kbs-uppdrag/arsredovisningar.html>
- Att använda, lagra och handla med kvicksilver | EUR-Lex*. (2023, January 16). EUR-Lex.europa.eu. Hämtad 12-5-2024, från <https://eur-lex.europa.eu/SV/legal-content/summary/use-storage-and-trade-of-mercury.html>
- Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). (2008). Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde. Montrouge: Autorité de Sûreté Nucléaire. Hämtad 18-09-2024 från <https://www.cigeo.gouv.fr/sites/default/files/2018-09/guide-surete-2008.pdf>
- Blondel, J. (2008). About Institutions, Mainly, but not Exclusively, Political. In R. A. W. Rhodes, S. A. Binder, & B. A. Rockman (Eds.), *The Oxford Handbook of Political Institutions* (pp. 716-730). OUP Oxford. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199548460.003.0036>
- Bradsher, G. (2020, 7 juli). *The Royal Archives of Ebla: Reference and Processing Archivists 4000 Years Ago*. The Text Message. Hämtad 13-06-2024, från <https://text-message.blogs.archives.gov/2020/07/07/the-royal-archives-of-ebla-reference-and-processing-archivists-4000-years-ago/>
- Cross, B. (2024). *Performance legitimacy for realists*. *Philosophy East and West* 74 (1):129-149. DOI: 10.1353/pew.2024.a918473
- Dascher, O. (2001). Archives and Historical Databases. In J. D. Wright (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 643-646). Elsevier / The Lancet. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02628-0>

- Det svenska Riksarkivet. (2023, 20 juni). Riksarkivet. Hämtad 13-06-2024, från <https://riksarkivet.se/Media/pdf-filer/det-svenska-riksarkivet.pdf>
- Di Nucci, M. R. (2015). Breaking the Stalemate: The Challenge of Nuclear Waste Governance in Italy. In A. Brunnengräber, M. R. Di Nucci, A. M. Isidoro Losada, L. Mez, & M. A. Schreurs (Eds.), *Nuclear Waste Governance: An International Comparison*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08962-7_14
- Diamond, J. M. (2011). *Collapse: How societies choose to fail or succeed* (Ed. with a new afterword). Penguin Books.
- Eng, T., Norberg, E., Torbacke, J., & Jensen, M. (1996). *Conservation and retrieval of information - Elements of a strategy to inform future societies about nuclear waste repositories*. (SKB-TR-96-18). Svensk Kärnbränslehantering AB. Jensen, M. (Ed.) <https://www.skb.com/publication/13533>
- Ett QALY är värt mer än två miljoner kronor. (2018, 20 augusti). *Läkartidningen*. <https://lakartidningen.se/opinion/debatt/2018/08/ett-qaly-ar-vart-mer-an-tva-miljoner-kronor/>
- Europeiska gemenskapernas kommission. (2000). 2000/532/EG: Kommissionens beslut av den 3 maj 2000 om ersättning av beslut 94/3/EG om en förteckning över avfall i enlighet med artikel 1 a i rådets direktiv 75/442/EEG om avfall, och rådets beslut 94/904/EG om upprättande av en förteckning över [...]. *Europeiska gemenskapernas officiella tidning nr L 226, s. 3-24*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000D0532:SV:HTML>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV). (2012). *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management : Questions and Comments in 2012 on the National Report posed to Germany*. Hämtad 11-05-2024, från https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/ueberpruefungskonferenz_4_faq_en_bf.pdf
- Forsström, H. (2013). *Utveckling av snabba reaktorer. Påverkan på det svenska systemet för hantering av använt bränsle*. (SKB P-13-33). SKB International AB. <https://skb.se/upload/publications/pdf/P-13-33.pdf>
- French national radioactive waste management agency (ANDRA). (2023). *Submission of the construction licence application for Cigeo*. Frankrike. Hämtad 17-06-2024, från https://international.andra.fr/sites/international/files/2023-01/ANDRA-CIGEO-Mag-4p-Nov2022-VJHO_C17_BAT_V2_HD.pdf
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). (2014). NEA/RWM/R(2013)10. In *The current status of a safety case for heat-generating radioactive waste disposal in salt in Germany*. OECD Nuclear Energy Agency (NEA). Hämtad 25-05-2024, från https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/52/015/52015559.pdf?r=1
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). (2014). The current status of a safety case for heat-generating radioactive waste disposal in salt in Germany. In *NEA/RWM/R(2013)10*. OECD publishing.
- Hansson, S. O. (2010). *Etiska och filosofiska perspektiv på kärnavfallsfrågan: åtta essäer*. Svensk kärnbränslehantering AB. Stockholm.
- Hedin, A. (1997). *Använt kärnbränsle - Hur farligt är det? En delrapport från projektet "Beskrivning av risk"*. (SKB R-97-92). Svensk Kärnbränslehantering AB. Stockholm.

Historik. (n.d.). Kärnavfallsfonden. Hämtad 06-05-2024, från <http://www.karnavfallsfonden.se/omkarnavfallsfonden/historik.4.18f59cc7120c5a2856b80002828.html>

IAEA (1972). *The structure and content of agreements between the Agency and States required in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons*. INFCIRC/153. IAEA, Vienna.

IAEA (2010). *Technological Implications of International Safeguards for Geological Disposal of Spent Fuel and Radioactive Waste*. NW-T-1.21. IAEA, Vienna.

Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). (2014). *Criteri per la localizzazione di un impianto di smaltimento superficiale di rifiuti radioattivi a bassa e media attività*. Guida Tecnica n. 29. Hämtad 09-07-2024, från <http://www.isprambiente.gov.it/files/nucleare/GuidaTecnica29.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Summary for Policymakers [Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]. In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press. Hämtad 12-07-2024 från https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SPM_version_report_LR.pdf

International Atomic Energy Agency (IAEA). (1970, 22 april). *TREATY ON THE NON-PROLIFERATION OF NUCLEAR WEAPONS*. INFCIRC/140. Hämtad 12-07-2024, från <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1970/infcirc140.pdf>

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2009). *Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability*. No. NW-T-1.19. IAEA, Vienna.

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2019). *World Thorium Occurrences, Deposits and Resources*. IAEA, Vienna.

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2021). *Costing Methods and Funding Schemes for Radioactive Waste Disposal Programmes*. IAEA, Vienna.

Jaganmohan, M. (2024, May 3). *Uranium price annually 2000-2023*. Statista. Hämtad July 12, 2024, from <https://www.statista.com/statistics/583796/uranium-price-annually/>

Jensen, M. (1993). Conservation and Retrieval of Information -Elements of a Strategy to Inform Future Societies about Nuclear Waste Repositories. Final Report of the Nordic Nuclear Safety Research Project KAN -1.3. 1943:596. Nordic nuclear safety research.

Kandemir, T., & Jussofie, A. (2019, 9 24). German Storage Concept for Spent Fuel and High Level Waste. In *IAEA Technical Meeting, Event/Project Number: 1704144*. Gesellschaft für Zwischenlangfrung mbH (BGZ). https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/TM%20Transport%20of%20MOX%20and%20HBU%202019/11_1_HBU_transport_Germany.pdf

Kärnavfallsfonden. (2023). *Årsredovisning 2023*. <http://www.karnavfallsfonden.se/download/18.10655fba18e0dcb4abb5683/1710251407784/%C3%85rsredovisning%202023.pdf>

Kärnavfallsrådet. (2023). Kärnavfallsrådet | MKG. Hämtad 12-6-2024, från <https://www.karnavfallsradet.mkg.se/index.htm>

Kumpula, L., Huhtanen, I., Palander, S., Ylä-Mella, M., Kuhmonen, V., & Energiaosasto. (2022). *Hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall i Finland: Det andra*

- nationella programmet enligt artikel 12 i Europeiska unionens rådets direktiv 2011/70/EURATOM.* (Arbets- och näringsministeriets publikationer 2022:19). Arbets- och näringsministeriet.
- Lagerlöf, H., Sundqvist, G., & Bergmans, A. (2022). *Striving for technical consensus by agreeing to disagree: the case of monitoring underground nuclear waste disposal facilities*, *Journal of Risk Research*, 25:5, 666-679. DOI: 10.1080/13669877.2022.2049620
- Lancashire, A. (2002). *London Civic Theatre: City Drama and Pageantry from Roman Times to 1558*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Länsstyrelsen i Gotlands län. (2022). *Program för räddningstjänst och sanering vid utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnteknisk anläggning*. Hämtad 09-07-2024, från <https://www.lansstyrelsen.se/publikation?entry=164&context=39>
- Lewenhaupt, M. (2020). *In- och utbetaningar*. Hämtad 12-07-2024, från <http://www.karnavfallsfonden.se/inochutbetalningar.4.70c52033121865b1398800010523.htmlen.se/inochutbetalningar>
- March, J., & Olsen, J. (2005, mars). Elaborating the "New Institutionalism". *ARENA Working Papers*, 11. 10.1093/oxfordhb/9780199548460.003.0001.
- Miljödepartementet. (2022). *Ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet till anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle*. (Regeringsbeslut M2018/00221). <https://www.regeringen.se/contentassets/341aebb2ff744223a8e9fede51937013/regeringsbeslut-ansokan-om-tillstand-enligt-lagen-19843-om-karnteknisk-verksamhet-till-anlaggningar-i-ett-sammanhangande-system-for-slutforvaring-av-anvant-karnbransle/>
- Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG)*. (n.d.). Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG: Välkommen till MKG. Hämtad 12-06-2024, från <https://www.mkg.se/>
- Miller, S. (2007, January 4). *Social Institutions (Stanford Encyclopedia of Philosophy)*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Hämtad 13-06-2024, från <https://plato.stanford.edu/entries/social-institutions/>
- Möller, N., Ove Hansson, S., Holmberg, J.-E., & Rollenhagen, C. (Eds.). (2018). *Handbook of Safety Principles*. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Handbook+of+Safety+Principles-p-9781118950715>
- N/a. (2021). Nuclear proliferation is not fast, but it is frightening: Experts worry about East Asia and the Middle East. *The Economist*, 30 januari. <https://www.economist.com/briefing/2021/01/30/nuclear-proliferation-is-not-fast-but-it-is-frightening>
- N/a. (2023). Why South Korea is talking about getting its own nukes. *The Economist*, 19 januari. <https://www.economist.com/asia/2023/01/19/why-south-korea-is-talking-about-getting-its-own-nukes>
- National Academy of Public Administration (NAPA). (1997). *Deciding for the Future - Balancing Risks Costs and Benefits Fairly across Generations*. the U. S. Department of Energy. Hämtad 2024-07-09, from <https://www.energy.gov/ehss/articles/national-academy-public-administration-napa-report-deciding-future-balancing-risks>
- Naturvårdsverket. (2020). *Avfall i Sverige 2020: uppkomst och behandling*. (Rapport 7048). Hämtad 05-06-2024, från

https://www.scb.se/contentassets/7aef29437629478587ce84d8e8f32fc9/mi0305_2020a01_br_misambr2201.pdf

Naturvårdsverket. (2024). *Informative Inventory Report Sweden 2024*. Naturvårdsverket, Stockholm.

Nayak, D.K., Abhilash, P.P., Singh, R., Kumar, R., & Kumar, V. (2022). *Fly ash for sustainable construction: A review of fly ash concrete and its beneficial use case studies*. *Cleaner Materials*, Volume 6, 2022,100143. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100143>.

Nucleus: The Nuclear and Caithness Archives. (n.d.). High Life Highland. Hämtad 04-04-2024, från <https://www.highlifehighland.com/nucleus-nuclear-caithness-archives/>

Number of nuclear reactors worldwide 2022. (2024, 28 juni). Statista. Hämtad 23-6-2024, från <https://www.statista.com/statistics/263945/number-of-nuclear-power-plants-worldwide/>

OECD-NEA (2014). *Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (RK&M). Monitoring of Geological Disposal Facilities – Technical and Societal Aspects*. NEA/RWM/R(2014)2. OECD-NEA, Paris.

OECD-NEA (2023). *Uranium 2022: Resources, Production and Demand*. OECD Publishing, Paris.

OECD-NEA. (2019a). *Preservation of Records, Knowledge and Memory Across Generations: Final Report*. OECD Publishing, Paris.

Office of Nuclear Waste Isolation (1984). *Human Interference Task Force, HITF (1984): Reducing the likelihood of future human activities that could affect Geologic High-Level Waste Repositories*. BMI/ONWI-537. Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio. Hämtad 2024-02-12, from https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/16/010/16010246.pdf

Om Kärnavfallsfonden. (n.d.). Kärnavfallsfonden. Hämtad 13-06-2024, från <http://www.karnavfallsfonden.se/omkarnavfallsfonden.4.725330be11efa4b0a3f8000129.html>

Ord, T. (2020). *The Precipice: Existential Risk and the Future of Humanity*. Bloomsbury Publishing Plc, London.

Ord, T. (2023). The Lindy Effect. *ArXiv, Cornell University*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.09045>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2012). *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264130807-en>

Persson, A., & Sjöstedt, M. (2018). Den svaga staten: demokrati och förvaltning i utvecklingsländer. In C. Dahlström (Ed.), *Politik som organisation: förvaltningspolitikens grundproblem* (Sjätte ed.). Studentlitteratur, Lund.

Pescatore, C., Nachmilner, L., Martell, M., & Mays, C.(2013). Oversight of deep geological repository and the role of monitoring – Some preliminary findings within the RK&M Project of the NEA. MoDeRn International Conference, Luxembourg.

Pliktleverans – Kungliga biblioteket – Sveriges nationalbibliotek – kb.se. (n.d.). Kungliga biblioteket. Hämtad 14-06-2024, från <https://www.kb.se/insamling-och-pliktleverans/sa-samlar-vi-in/pliktleverans.html>

- Rådets direktiv 2011/70. *Euratom om inrättande av ett gemenskapsramverk för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:199:0048:0056:SV:PDF>
- Riksarkivet. (2023). *Årsredovisning 2023*. Hämtad 18-06-2024, från https://riksarkivet.se/Sve/Remisser/Dokument/Årsredovisning_2023.pdf.
- Sebeok, T. (1984). *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*. United States. <https://doi.org/10.2172/6705990>
- SFS 1974:152. *Kungörelse (1974:152) om beslutad ny regeringsform*. <https://lagen.nu/1974:152>
- SFS 2018:506. Strålskyddsförordning. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/stralskyddsforordning-2018506_sfs-2018-506/#K2
- SFS 2020:614. *Avfallsförordning*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/avfallsforordning-2020614_sfs-2020-614/
- SOU 2008:19. *Att slutförvara långlivat farligt avfall i undermarksdeponi i berg: Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet*. <https://lagen.nu/sou/2008:19>
- Strålsäkerhetscentralen. (2018). *Strålsäkerhetscentralens föreskrift om säkerheten vid slutförvarning av kärnavfall* [Promemoria]. <https://www.stuklex.fi/sv/maarays/stuk-y-4-2018>
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2018). *Strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning: Beredning inför regeringens prövning: Slutförvaring av använt kärnbränsle*. SSM 2018:07. Hämtad 02-05-2024, från https://www.mkg.se/uploads/SSM2011-1135-17_Granskningsrapport_Stralsakerhet_efter_slutforvarets_forslutning_180123.pdf
- Sundqvist, J.-O., & Palm, D. (2010). *Miljöpåverkan från avfall. Underlag för avfallsprevention och förbättrad avfallshantering*. IVL Diva portal. <https://ivl.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1552148>
- Svalbard Global Seed Vault. (n.d.). NordGen.org. Hämtad 04-06-2024, från <https://www.nordgen.org/vart-arbete/svalbard-global-seed-vault/>
- Svensk Kärnbränsleförsörjning AB/Avdelningen för Kärnkraftsavfallets Behandling och Slutförvaring (SKBF/KBS). (1983). KBS 3 - Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle - KBS-3, I Allmänt. <https://skb.se/publikation/4402>
- Svensk Kärnbränslehantering AB. (2022). Fud-program 2022: Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall. (FUD-2022). SKB, Stockholm.
- Svensk Kärnbränslehantering AB. (2022). *Post-closure safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark – Main report, PSAR version – Volume I, Volume II, Volume III*. (SKB TR-21-01). Hämtad 09-07-2024, från <https://www.skb.com/publication/2506409>
- Taleb, N. N. (2012). *Antifragile: Things That Gain from Disorder*. Random House Publishing Group, New York.
- THE MARKER PROJECT — Science Gallery Dublin. (2020, September 2). Science Gallery Dublin. Hämtad 12-06-2024, från <https://dublin.sciencegallery.com/in-case-of-emergency-exhibit/the-marker-project>

Tillstånd för verksamheten - Fortum Waste Solutions. (n.d.). Fortum. Hämtad 12-07-2024, från <https://www.fortum.se/foretag/atervinning-och-avfall/vara-tjanster-kring-atervinning-och-avfall/tillstand>

Trafikverket. (2024). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn.* ASEK 8.0. Hämtad 03-07-2024, från <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/0e5777a6301e4134a6e8365fc20c0e0e/asek-8.0-2-april-2024.pdf>

Trauth, K.M., Hora, S.C., & Guzowski, R.V. (1993). Expert Judgement on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant. SAND92-13821 UC-721, prepared by Sandia National Laboratories for the US Department of Energy, Albuquerque, New Mexico and Livermore.

UK Nirex Ltd. European Commission. Directorate-General for Environment, Nuclear Safety, and Civil Protection. (1999). *Schemes for Financing Radioactive Waste Storage and Disposal: Final Report.* Office for Official Publications of the European Communities. Hämtad 15-07-2024, från <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/304c7436-f13b-4419-8288-811ff6ca7f16>

UNECE. (1998.) *Nr. 28 konvention om tillgång till information, allmänhetens deltagande i beslutsprocesser och tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor Århus, 25 juni 1998.* https://unece.org/DAM/env/pp/documents/ACtext/Aarhus_Convention_text_Swedish.pdf

Utrikesdepartementet. (1997). *Nr. 60 Konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall.* SÖ 1999:60. <https://www.regeringen.se/contentassets/77bcb8c2646642a9b71b7b610ae56a52/konvention-om-sakerheten-vid-hantering-av-anvant-karnbransle-och-om-sakerheten-vid-hantering-av-radioaktivt-avfall/>

Utrikesdepartementet. (2005). *Konvention om tillgång till information, allmänhetens deltagande i beslutsprocesser och tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor.* (SÖ 2005: 28).

Williams, H. (2024, January 25). *China's Waterlogged Missiles Don't Matter.* CSIS. Hämtad 11-07-2024, från <https://www.csis.org/analysis/chinas-waterlogged-missiles-dont-matter>

Xu, S., & Klos, R. (2023). *2023:02 Investigation of risk assessment for decommissioning waste to Fortum's landfill at Norrtorp.* Strålsäkerhetsmyndigheten. Hämtad 09-07-2024, från <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/avfall--transport--fysiskt-skydd/2023/202302/>

Yue, X., Malmberg, P., Isotahdon, E., Ratia-Hanby, V., Huttunen-Saarivirta, E., Leygraf, C., & Pan, J. (2023, januari). Penetration of corrosive species into copper exposed to simulated O₂-free groundwater by time-of-flight secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS). *Corrosion Science*, 210(2), 110833. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2022.110833>

Appendix I: Detaljerad metodbeskrivning

Metoden som använts är en anpassad expertutfrågning (engelska: "expert elicitation"). Den anpassade metoden i fråga tog utgångspunkt i Delphi-metoden (Dalkey & Helmer 1963), en anonym process som fokuserar på iterativa processer och gruppkonsensus. Med tid och resurser i åtanke anpassades metoden då målet var att enkäten endast skulle styrka analyser och ge stöd till den mer utförliga litteratursynthesen. Experterna viktades inte. Detta för att möjliggöra en snabbare process som däremot innebar en svagare rigorositet.

Metoden anpassades på följande vis:

Ett fokus på iterativa processer behölls, vilket innebar att enkäten utvecklades med hjälp av experters feedback. Metoden innebär vanligtvis att experter får se ett aggregat av svar och ges en chans att ändra sina svar, men i detta fall genomfördes endast en enkät. Däremot gavs alla respondenter en chans att motivera sina svar, både genom kommentarsfält i enkäten samt efterföljande kontakt genom telefon eller e-mail.

Frågeställningen var av komplex karaktär. Efter att det mest kostsamma etiska betänkanudet hade identifierats, framtida generationers rätt till medvetenhet om förvaret, kvarstod att utreda vad som var genomförbart från ett uppskattat monetärt värde. Trafikverkets översättning av människoliv i pengar låg till grund för detta. Därför behandlade enkäten sannolikheten för en allvarlig olycka samt troliga mängden människoliv påverkade. Dessutom undersöktes experters åsikter och inställningar till information- och kunskapsbevarande, som en ytterligare vägvisning.

På grund av frågeställningens komplexa karaktär eftersöktes en bred expertis från forskare och experter från relevanta myndigheter. Målsättningen var att finna en tvärvetenskaplig grupp, därför utformades först en lista med relevanta discipliner. För att hitta en tillräckligt stor grupp respondenter implementerades ett "snöbollsurval", där en slumpmässig grupp kontaktades och samtliga respondenter ombads rekommendera andra personer för deltagande (Goodman 1961). Den här metoden anpassades genom ett ändamålsenligt första steg där respondenter med passande kunskap och erfarenhet identifierades med hjälp av uppdragsgivaren, projektmedlemmar och projektets expertgrupp.

I ett snöbollsurval blir första steget avgörande. Det finns risk för att alla respondenter tillhör samma sociala nätverk, och därigenom delar samma perspektiv. Därför kompletterades det första urvalet med ett ytterligare urval genom en litteratursökning i olika databaser med nyckelord kopplade till projektets frågeställning. Författare av ett urval av väl citerade artiklar kontaktades därefter. Experter från detta urval uppmanades också rekommendera respondenter. Den här kompletteringen skapade en mer diversifierad grupp geografiskt, disciplinärt och eventuellt kollektiva åsikter.

En analys av långsiktigt informationsbevarande är beroende av en rad olika faktorer. Av dessa är tidsramen särskilt relevant. Därför sökte vi experters perspektiv på en framtid där ett initiativ för informationsbevarande inte existerar.

I ett utskick ombads experterna att, utifrån sin expertis, predicera framtidsscenarioer. Utskicket bad experterna att föreslå det värsta som olika minnesfunktioner skulle kunna hindra från att hända. Med hjälp av experternas svar, en analys av myndigheters

riskbedömningar samt utvärderingen⁸ av dessa, identifierades ett möjligt värsta scenario som användes som grund i enkäten.

Med utgångspunkt i det framarbetade scenariot, som beskriver ett oavsiktligt intrång i slutförvaret, utformades en kvantitativ enkät för experters utlåtande angående sannolikhet, möjliga konsekvenser i mängden påverkade liv, och vikten av informations- och kunskapshantering. Enkät svar användes sedan för ostrukturerade intervjuer över telefon, digitala mötesverktyg eller e-post. Några av intervjuerna gjordes för att ge experter utrymme att förtydliga svar i enkäten som avvek från majoritetens och därmed belysa specifika aspekter av problematiken och alternativa perspektiv. Enkäten utfördes med hjälp ett nätbaserat verktyg, "Qualtrics". Detta på grund av experternas geografiska spridning och för att det kräver mindre av såväl tid som logistik.

Andra intervjuer hade som syfte att utförligt diskutera prediktioner och underliggande premisser med på förhand utvalda domänexperter. Resultaten från intervjuerna utgör underlag för de analyser och rimlighetsbedömningar som redogörs i rapporten. Genom en översyn av litteraturen granskades ämnena kärnavfallsförvaring, informationsbevarande, hållbarhet, teknikutveckling och institutionell långvarighet, för att få en bättre förståelse av den historiska utvecklingen, teoretiska ramar och samtida debatter.

Samtliga svar från experter anonymiserades eller plockades bort från resultaten baserat på svaren i samtyckesblankett. De som anonymiserades numrerades och deras organisation tolkades till så anonym text som möjligt, till exempel, om vi hade valt experter från Institutet för framtidsstudier hade motsvarande data ersatts med "forskningsinstitut". En ytterst specifik disciplin anonymiserades till en paraplyterm för ämnet.

Dalkey, N., Helmer, O. (1963). *An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts*. *Management Science* 9(3):458-467.

Goodman, L. (1961). *Snowball Sampling*. *Ann Math Stat.* 32. 10.1214/aoms/1177705148.

⁸ I utfrågningen prioriterades öppen kommunikation med utrymme för utlåtanden om expertutfrågningen. Efter utskick samt enkät ombads respondenterna att fylla i ett utvärderingsformulär för att utvärdera kommunikationen, ge respondenterna möjlighet att kommentera processen, samt be dem lyfta upp viktiga frågeställningar.

Appendix II: Utskick

Svarsspråket är inte översatt från datan. Enkäten var på engelska för de internationella experterna. 74 respondenter kontaktades och 13 svarade. Experterna har anonymiserats.

About 100 years after sealing the repository, what is the worst thing that could happen to the spent nuclear fuel and that could be prevented by RK&M?
People could tunnel into a repository, retrieve radioactive materials and bring them to the surface unaware of their danger, leading to a radiation incident similar to the Samut Prakan radiation accident or the Ciudad Juárez cobalt-60 contamination incident.
1) A leak. 2) Terrorist try to dig up the waste
First thing that comes to mind is that the repository would be opened (e.g. by miners or prospectors, or archaeologists for that matter) by unprepared people.
Information on the existence and location lost, leads to malhandling then leakage to water source
100 years after sealing the repository, there is an obvious risk that the copper canisters have lost their mechanical integrity because of internal corrosion processes induced by the penetration of corrosion stimulating species containing sulfur (S), oxygen (O), hydrogen (H) and chlorine(Cl).. This is based on several recent scientific publications by very advanced analytical methods, see Corrosion Science, 184 (2021)109390 and Corrosion Science, 210 (2023) 110833.
That one for some reason, not foreseen today, wants to enter the repository or just happens to enter (deep drilling) without knowing what it is or how to handle.
Att avfallet exponeras för människor eller miljö, av människor som inte känner till dess existens.
The same as on most other time scales, that is, intentional or unintentional intrusion, technological failure of the repository or an external non-human event causing exposure of radioactive materials to the biosphere. The existence of a working RK&M system is no guarantee that the exposure could be prevented but it would increase the chances of limiting the damage.
Copper corrosion. It's a serious risk for severe corrosion damage including cracking, sulphide stress corrosion cracking. Depending on how many tunnels will be flooded within 100 years, the amount of cracked copper canisters could be several hundred or perhaps thousands on the Finnish side, considering the Onkalo site with much faster flooding and with higher sulphide containing groundwater. The transport of radionuclides in the groundwater can be faster than expected, especially if the bentonite clay has been destroyed first (dried, overheated, mineralized and cracked).
Difficult question. Perhaps unintentional drilling into the spent fuel in combination with some kind of "spreading" of the content and radiation.
One hundred years may seem like a short time, but radioactive waste is a material that few have an interest in knowing about after a repository has been closed. So without an RK&M regime in after a possibly socially turbulent and perhaps also conflict-ridden century the dangers of intrusion into a repository might not any longer be part of societal awareness. Especially if nuclear power has not been used for over a century as all energy use is renewable (or worse still includes fossil fuels. If there is also a lack of resources, the myth of valuable copper and iron in the ground might mean that an intrusion in a repository for spent nuclear fuel takes place and canisters are retrieved. The use of disposable slave labor to remove the canisters cannot be ruled out.
Drilling into the repository, covering up and not cleaning up the mess properly.
That someone drills into the repository or builds a deep underground facility close to the repository

Det vanligaste förekommande svaret implicerar borming, ovetskap, felhantering, och oavsiktligt intrång.

Appendix III: Enkätfrågor

(På engelska för de internationella experterna.)

The Swedish Radiation Safety Authority (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM) has given the Institute for Futures Studies the task to investigate the question: How should we design institutions that can support long-term financing for the preservation of Records, Knowledge & Memory ("RK&M") in regard to spent nuclear fuel in Sweden?

This investigation is based on the premise that financing is essential for RK&M, and that reliable institutions are required to ensure enduring financial support. An important consideration is determining how long these institutions will be needed, taking into account the diminishing risks as radioactive materials decay. The central concern revolves around the risk that nuclear waste storage facilities could be unintentionally disturbed or damaged by human action. At various timescales, what are the associated risks?

You are part of the second group contacted regarding this survey, and you have been recommended to us for this project because you have valuable and relevant knowledge.

We will ask you to make estimates in numbers based on a scenario. A great deal of uncertainty will be taken into account. Think of this survey as an exploratory line of questioning, a thought experiment, which will help us discuss potential timescales during which RK&M is needed. The discussion will continue in detailed interviews with a smaller selection of experts.

The survey starts on the next page, and we are interested in the following:

1. Your thoughts based on your knowledge. Most of these questions have no easy answer. Even so, we ask you to provide your best estimates.
2. Feedback on these questions, both on the subject matter and on the framing of said questions. After submitting, you will be asked to provide feedback on the survey.

This survey is not anonymous.

The following information is stored: name, e-mail, location and IP. This information is stored only for the functionality of your personal link (connecting response with respondent), follow-up communication purposes. We will only keep this data as long as needed. Delete-date set at present: 1-06-2025. This information will not be shared with third parties.

Answers you provide may be used in the final report. If you wish to avoid this, choose the third option below.

I consent

I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous

I consent to participating in the project, but I wish to stay anonymous and do not want to be quoted in the report

Spent nuclear fuel from the reactor type used in Sweden remains radiotoxic for a very long time. Sweden has decided to store this fuel in a deep geological repository that is planned in the municipality of Östhammar. The planned repository intends to isolate the materials from humans and animals by implementing the method KBS-3. This method involves placing the spent nuclear fuel rods in ductile iron inserts in a copper capsule, embedding the capsule in bentonite clay and placing the capsule 500 meters under the surface in a stable crystalline rock formation.

Preventing future generations from unnecessary interference with the repository and supporting future societies to make informed decisions, imply two different tasks. (1) Maintaining awareness of the repository and (2) preserving detailed knowledge of the repository. These tasks are referred to as “Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) across Generations”.

Background assumptions for this survey:

The Swedish proposed repository design for spent nuclear fuel is implemented and sealed in about 70 years in 2094, as planned. All the technical aspects of the final repository work as intended with regards to geology, hydrology, materials etc. RK&M has not been implemented and all information about the repository has been lost.

Section 1: 250 years (the year 2344)

About 250 years after sealing the repository, **imagine the following:**

A mining company lacks information about the existence of the repository, and is prospecting for minerals close to the repository. The company drills by accident into the spent nuclear fuel. The drill ruptures several copper capsules. As the drill is retracted from the drill hole and material from the drill core reaches the surface, a significant amount of spent nuclear fuel (in the form of small and medium-sized particles) contaminates the area. The drilling crew does not have the proper equipment to detect the radiation, and the radioactive material remains on the surface. The borehole is not properly covered and is quickly filled with rainwater.

1. How would you estimate the probability of this scenario occurring?

Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)

2. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

4. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

5. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?
(text entry)

Section 2: 500 years (the year 2594)

About 500 years after sealing the repository, **consider the same scenario as the previous section.**

6. How would you estimate the probability of this scenario occurring?

Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)

7. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

8. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

10. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?
(text entry)

Section 3: 1000 years (the year 3094)

About **1000 years** after sealing the repository, **consider the same scenario as the first section.**

11. How would you estimate the probability of this scenario occurring?

Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)

12. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

13. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation?

Give your best estimate in numerical value: (text entry)

14. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?
(text entry)

Appendix IV: Enkätdata

I consent to participating in the project, but I wish to stay anonymous and do not want to be quoted in the report:
Number of respondents: 2

Respondent ID	Discipline	Consent form reply
14	Sociology	I consent
15	Archiving, Relevant Authority	I consent
16	Applied Nuclear Physics	I consent
17	Nuclear engineering physics	I consent
5	Physics	I consent
18	Physics	I consent
19	Nuclear engineering physics	I consent
20	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous
6	Chemical Engineering	I consent
21	Physical Chemistry	I consent
11	Global Safety, Engineering Physics	I consent
22	Mining and Geotechnical Engineering	I consent
23	Geology	I consent
24	Nuclear engineering physics	I consent

Respondent ID	Discipline	Consent form reply
25	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous
26	Medical Radiation Physics	I consent
27	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous
28	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous
8	Technology and Social Change	I consent
29	Nuclear engineering physics	I consent
12	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous
9	Anonymized	I consent to being quoted in the report, but wish to stay anonymous

**1. How would you estimate the probability of this scenario occurring?
Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)**

Svar	Antal
1/10	5
1/20	1
1/50	1
1/100	3
1/10000	3
1/100000	1
1/500000	2
1/1000000	5
1/10000000	1
Totalsumma	22

2. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
0	2
1	2
3	1
5	5
10	4
20	2
100	2
500 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

3. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
5	2
10	3
25	3
50	2
100	6
200	1
500	1
2 000 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

5. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?

Svar	Antal
Maybe	2
No	4
Yes	16
Totalsumma	22

Comments:

- The scenario is highly unlikely for several reasons but, sure, it's always good to have historical records.
- I think it's not needed in this scenario. After 250 years for us to have lost all knowledge I also think we might have had such an information catastrophe on a global scale that 250 years shouldn't be sufficient to start mining to 500 m depth where there are no clear signs of attractive minerals around.
- Yes, definitively, even if I have no idea about the number of humans or animals that get exposed.
- It is not a matter of financing separate RK&M, it is a matter of record keeping at the local authorities and at the relevant national authorities not only for the repository but for many activities in society.
- I don't believe robust financing is possible for 250 years.

6. How would you estimate the probability of this scenario occurring?

Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)

Svar	Antal
3/10	1
1/5	1
1/10	4
1/20	2
1/40	1
1/100	1
1/10000	3
1/100000	2
1/500000	1
1/1000000	3
1/10000000	1
n/a	2
Totalsumma	22

7. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
0	5
1	1
2	2
3	1
5	3
10	3
50	1
100	2
100 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

8. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
1	1
4	1
5	1
10	4
20	1
25	1
30	1
50	2
100	3
500	2
10000	1
2 000 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

10. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?

Svar	Antal
No	8
Yes	14
Totalsumma	22

Comments:

- The radiation levels have at this time dropped to comparably low levels and a RK&M would not make any difference more than that the drilling company would not select this place for drilling.
- I don't believe robust financing is possible for 500 years.

**11. How would you estimate the probability of this scenario occurring?
Respond with your best estimate in numerical value (e.g. 1/10, 1/100...)**

Svar	Antal
n/a	3
1/5000000	1
1/1000000	3
1/500000	1
1/100000	2
1/20000	1
1/10000	1
1/1000	2
1/100	1
1/30	1
1/20	1
1/10	3
2/10	1
1/4	1
Totalsumma	22

12. If this scenario would occur, how many humans in total would you estimate to be exposed to lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
0	9
1	1
2	2
5	1
10	3
100	1
1000	1
200 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

13. How many humans in total would you estimate to be exposed to harmful but not lethal levels of radiation? - Give your best estimate in numerical value:

Svar	Antal
0	2
4	1
5	1
10	5
20	1
30	1
50	1
100	4
500	1
100000	1
2 000 000	1
n/a	3
Totalsumma	22

15. In your estimate, could a robust financing of RK&M have prevented this outcome?

Svar	Antal
Maybe	2
No	9
Yes	11
Totalsumma	22

Kommentarer:

- Would not make any difference from a radiologic point of view.
 - It's probably a good idea but the risk is extremely low even without it.
 - Yes, but with some difficulty.
 - 1000 years is a longer time to keep the information, so maybe but not for sure. It would be worth to try.
- I don't believe robust financing is possible for 500 years.

Strålsäkerhetsmyndigheten arbetar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden.

Du kan ladda ner våra publikationer från www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer. Om du behöver alternativa format som exempelvis lättläst, punktskrift eller Daisy, kontaktar du oss på e-post registrator@ssm.se.

Strålsäkerhetsmyndigheten
171 16 Stockholm
08-799 40 00
www.stralsakerhetsmyndigheten.se
registrator@ssm.se

©Strålsäkerhetsmyndigheten