



Kunskapsläget på
kärnavfallsområdet 2012

– långsiktig säkerhet, haverier och global utblick

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012

– långsiktig säkerhet, haverier och global utblick

Rapport från Kärnavfallsrådet

Stockholm 2012



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2012:7

SOU och Ds kan köpas från Fritzes kundtjänst. För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Fritzes Offentliga Publikationer på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Beställningsadress:
Fritzes kundtjänst
106 47 Stockholm
Orderfax: 08-598 191 91
Ordertel: 08-598 191 90
E-post: order.fritzes@nj.se
Internet: www.fritzes.se

Svara på remiss – hur och varför. Statsrådsberedningen (SB PM 2003:2, reviderad 2009-05-02)
– En liten broschyr som underlättar arbetet för den som ska svara på remiss.
Broschyren är gratis och kan laddas ner eller beställas på
<http://www.regeringen.se/remiss>

Textbearbetning och layout har utförts av Regeringskansliet, FA/kommittéservice.

Omslag: Jonas Nilsson, Miljöinformation AB.
Foto omslag: Håkan Berg/Pix Gallery.

Tryckt av Elanders Sverige AB.
Stockholm 2012

ISBN 978-91-38-23689-5
ISSN 0375-250X

Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet

Statens råd för kärnavfallsfrågor (Kärnavfallsrådet) är en oberoende vetenskaplig kommitté, som har till uppgift att ge regeringen råd i frågor om kärnavfall och rivning av kärntekniska anläggningar.

Under februari månad varje år ska Kärnavfallsrådet ge sin självständiga bedömning av det aktuella läget inom kärnavfallsområdet, en så kallad kunskapslägesrapport. Syftet med rapporten är att belysa de frågor som Kärnavfallsrådet anser särskilt relevanta, och klargöra Kärnavfallsrådets synpunkter i dessa.

Kärnavfallsrådet överlämnar härmed årets kunskapslägesrapport (den tolfte i raden) "Kunskapsläget på kärnavfallsområdet – långsiktig säkerhet, haverier och global utblick"(SOU 2012:7).

Kärnavfallsrådets arbete under 2011

I mars 2011 lämnade Svensk kärnbränslehantering AB (SKB) in sina ansökningar om slutförvar för använt kärnbränsle till mark- och miljödomstolen vid Nacka Tingsrätt och till Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM. Rådet uppmärksammade inlämnandet av ansökan i en rapport som beskriver miljödomstolens process för att hantera ansökanⁱ och genom ett öppet seminarium om samma ämne den 12 maj 2011.

Under 2011 har Kärnavfallsrådet identifierat frågor om SKB:s slutförvarsprogram som närmare behöver belysas, och presenterat sina synpunkter i bland annat granskningen av SKB:s program för forskning, utveckling och demonstration (Fud-program)ⁱⁱ.

ⁱ Rapport 2011:2 Tillståndsprövningen enligt miljöbalken och kärntekniklagen.

ⁱⁱ Se Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2010, SOU 2011:50, som lämnades till miljödepartementet i juni 2011.

De tekniska barriärerna är viktiga förutsättningar för att slutförvaret för högaktivt kärnbränsle ska vara långsiktigt säkert. Rådet anordnade därför den 15 juni 2011 ett symposium med syfte att fastställa hur kunskaperna om bentonit, buffert och återfyllning har tillvaratagits av SKB, och hur detta har påverkat barriärernas innehåll, preparering och design.

Kärnavfallsrådet har vidare deltagit aktivt i det internationella samarbetet och följt utvecklingen av andra länders hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle.

I årets kunskapslägesrapport har Kärnavfallsrådet fokuserat på följande områden:

- de tekniska barriärernas funktion under förvarstiden
- säkerhetsanalysens roll i olika faser
- internationella perspektiv, framför allt med koppling till kärnkraftsolyckan i Fukushima.

Bakom föreliggande rapport står samtliga ledamöter och sakkunniga i Kärnavfallsrådet.

Kapitel 2, "Säkerhetsanalys för projektering, konstruktion och deponering", har beretts av ledamot Clas-Otto Wene, kapitel 3, "Från initialtillstånd till idealtillstånd i slutförvaret för använt kärnbränsle", har beretts av ledamot Willis Forsling och sakkunnig Hannu Hänninen. Sakkunnig Ingvar Persson och ledamot Mats Harms-Ringdahl har berett kapitel 4, "Från Chalk River till Fukushima – olyckor som påverkat kärnkraftslagstiftningen". Kapitel 5, "Utblick över andra länders slutförvarsprogram", har beretts av sakkunnig Ingvar Persson, kanslichef Holmfridur Bjarnadottir, kanslisekreterare Peter Andersson och biträdande kanslisekreterare Karolina Brogan. Textredaktör är Isabel Runebjörk.

Rapporterna om kunskapsläget på kärnavfallsområdet åren 1998, 2001, 2004, 2007, 2010 och 2011 finns också tillgängliga i en engelsk version. Rådet avser att senare i år ge ut en engelsk översättning av 2012 års rapport.

Stockholm, 29 februari 2012

Torsten Carlsson
Ordförande

Holmfridur Bjarnadóttir
Kanslichef

Ledamöter

Torsten Carlsson (ordförande), tidigare kommunstyrelsens ordförande i Oskarshamn
Carl Reinhold Bråkenhielm (vice ordförande), professor, teologi, Uppsala universitet
Lena Andersson-Skog, professor, ekonomisk historia, Umeå universitet
Willis Forsling, professor emeritus, oorganisk kemi, Luleå tekniska universitet
Mats Harms-Ringdahl, professor, strålningsbiologi, Stockholms universitet
Tuija Hilding-Rydevik, docent, mark/vattenresurser med inriktning på MKB, Sveriges Lantbruksuniversitet, föreståndare Centrum för biologisk mångfald
Karin Högdahl, docent, geologi, Uppsala universitet
Lennart Johansson, adjungerad professor, radiofysik, Norrlands universitetssjukhus
Thomas Kaiserfeld, professor i idé- och lärdomshistoria, Lunds universitet
Jenny Palm, professor i Teknik och social förändring, Linköpings universitet
Clas-Otto Wene, professor emeritus, energisystemteknik, Chalmers Tekniska Högskola

Sakkunniga

Hannu Hänninen, professor, maskinteknik, Tekniska Högskolan i Helsingfors
Ingvar Persson, f.d. chefsjurist
Statens Kärnkraftinspektion (SKI)

Kansli

Holmfridur Bjarnadottir (kanslichef)
Peter Andersson (kanslisekreterare)
Karolina Brogan (biträdande kanslisekreterare)

Innehåll

1	Inledning.....	11
1.1	De långa perspektiven i SKB:s ansökan.....	11
1.2	Kärnkraftsolyckan i Fukushima och global utblick.....	12
2	Säkerhetsanalys för projektering, konstruktion och deponering	15
2.1	Säkerhetsanalysens roller.....	15
2.2	Säkerhetsanalysen under uppförande och drift.....	16
2.2.1	Den normerande funktionen	16
2.2.2	Den styrande funktionen	17
2.3	Från garant till byggnorm	18
2.3.1	Konstruktionsförutsättningarnas relation till säkerhetsfunktionerna	20
2.3.2	Reflektioner kring metodik och resultat.....	22
2.4	Från byggnorm till initialtillstånd.....	24
2.5	Sammanfattning	29
3	Från initialtillstånd till idealtillstånd i slutförvaret för använt kärnbränsle	33
3.1	Slutförvaret i ett tidsperspektiv.....	33
3.2	Om initialtillståndets roll i säkerhetsanalysen	34
3.3	Från initialtillstånd till idealtillstånd.....	35
3.3.1	Kopparkapselns initialtillstånd.....	36
3.3.2	Processer på kopparkapseln	37

3.3.3	Processer i bufferten	39
3.3.4	Processer i återfyllningen	45
3.4	Sammanfattning.....	46
4	Från Chalk River till Fukushima – olyckor som påverkat kärnkraftslagstiftningen	51
4.1.1	Översikt över olyckor i kärnkraftverk.....	52
4.1.2	1950-talet: Chalk River och Windscale.....	52
4.1.3	1970-talet: Three Mile Island	52
4.1.4	1980-talet, Tjernobyl	54
4.1.5	2011, Fukushima Dai-ichi (6),(7)	56
4.2	Ändring i nationell lagstiftning som följd av olyckan i Fukushima-Dai.....	61
4.2.1	Italien – folkomröstning avvisade kärnkraft	61
4.2.2	Schweiz – ny kärnkraftspolitik.....	62
4.2.3	Tyskland – fluktuerande opinion vände igen	63
4.3	Stresstester	68
4.4	Reflektioner	69
5	Kärnavfallsdirektivet – nytt europeiskt ramverk för hantering av kärnavfall	71
5.1	Allmänna principer.....	72
5.1.1	Principen om att radioaktivt avfall ska slutförvaras i den medlemsstat i vilken det genererades	72
5.2	Ett nationellt ramverk.....	73
5.3	Nationella program	74
5.4	Behörig tillsynsmyndighet.....	75
5.5	Tillståndshavare	76
6	Slutförvaring i andra länder – Nulägesbeskrivning från Finland, Frankrike, Tyskland, Schweiz och USA.....	79
6.1	Finland	79
6.1.1	Inledning.....	79

6.1.2	Den finska beslutsprocessen	80
6.1.3	Principbeslut	80
6.1.4	Byggtillstånd	81
6.1.5	Drifttillstånd	81
6.1.6	Den finska kärnavfallshanteringsfonden.....	81
6.2	Frankrike	82
6.2.1	Inledning	82
6.2.2	Platsundersökningar	82
6.2.3	Framtida planer	84
6.2.4	Fransk lagstiftning om forskning och hantering av kärnavfall.....	85
6.2.5	Ansvar för hantering av använt kärnbränsle och kärnavfall	86
6.3	Tyskland	87
6.3.1	Anläggningar för lagring av radioaktivt avfall.....	87
6.3.2	Alternativa förslag till slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall	90
6.4	Schweiz	90
6.5	USA – från Yucca Mountain till Blue Ribbon Commission	92
6.5.1	Bakgrund.....	92
6.5.2	Blue Ribbon Commission för America’s Nuclear Future	94
6.5.3	Kommissionen förslag till strategi.....	95
Bilagor.....		
Bilaga 1	Kommittédirektiv.....	99
Bilaga 2	Kommittédirektiv, Tilläggsdirektiv till Kärnavfallsrådet (M 1992:A).....	103

1 Inledning

Under 2011 var det framför allt två händelser som påverkade debatten och utvecklingen av kärnavfallsfrågan i Sverige och i världen: i Sverige var det SKB:s ansökan om slutförvar för använt kärnbränsle, internationellt var det kärnkraftsolyckan i Fukushima.

Årets kunskapslägesrapport består av två delar:

- Del 1, ”Häriifrån till evigheten”, belyser SKB:s ansökan, med fokus på det långa tidsperspektivet och säkerhetsanalysens funktioner.
- Del 2, ”Internationell utblick”, behandlar framför allt kärnkraftsolyckan i Fukushima, men ger också internationella perspektiv på slutförvarsfrågan, och beskriver olika länders slutförvarsprogram samt det nya EU-direktivet.

1.1 De långa perspektiven i SKB:s ansökan

Den 15 mars 2011 lämnade SKB in sina ansökningar om uppförande av en anläggning för slutförvaring och inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle enligt KBS-3 metoden till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och till mark- och miljödomstolen i Nacka Tingsrätt.

Det första skedet av granskningen består av att identifiera behov av kompletteringar, varför SSM och mark- och miljödomstolen har vidarebefordrat ansökan till ett stort antal remissinstanser. Kärnavfallsrådet har mottagit ansökan på remiss från mark- och miljödomstolen avseende kompletteringsbehov enligt miljöbalken, och kommer att lämna sina synpunkter den 1 november 2012.

KBS-3 metoden bygger på ett flerbarriärssystem som måste fungera i mer än 100 000 år. När de tekniska barriärerna (kopparkapsel, bentonitbuffert, återfyllning) är på plats i slutförvaret kännetecknas de inledningsvis av ett initialtillstånd och genom en rad

naturliga processer uppkommer ett idealtillstånd som därefter ska gälla under resten av förvarstiden. Dessa processer har varierande förutsättningar i olika delar av förvaret och barriärerna når därför sina idealtillstånd vid olika tidpunkter. Kärnavfallsrådet har under de senaste åren gett sin syn på de tekniska barriärernas olika roller i slutförvaret, i synnerhet kopparkapselns integritet och bentonitlerans funktion samt beskrivit de utmaningar mot KBS-3 metoden som uppkommit genom resultat från oberoende forskningsgrupper. Det gäller framför allt korrosion av kopparkapseln och Kärnavfallsrådet har under året understrukt betydelsen av att bufferten kan uppfylla sin funktion som kopparkapselns beskyddare.

I årets kunskapslägesrapport diskuterar vi begreppen initialtillstånd och idealtillstånd och hur barriärernas funktion påverkas av övergången från ett tillstånd till ett annat.

Vidare behandlar vi säkerhetsanalysens dubbla roller i slutförvarsprojektet, den interna rollen som verktyg för projektets styrning och organisation inom SKB, och den externa rollen i samhällets tillståndsprocess. Kapitlet fokuseras på den interna rollen och dess betydelse för konstruktionsförutsättningar, projektstyrning och organisation och aktualiserar tre frågor:

- Kommer SKB att lyckas omsätta säkerhetsanalysen i en realistisk och (på plats) verifierbar byggnorm?
- Hur hanterar SKB analys dynamiken i övergången från initialtillstånd till ett stabilt idealtillstånd?
- Hur ser en organisation ut som under mer än ett halvt sekel skall säkerställa att byggnormen förverkligas i initialtillståndet?

1.2 Kärnkraftsolyckan i Fukushima och global utblick

Den 11 mars 2011 skakades Japan av en jordbävning med åtföljande tsunami, vilken resulterade i att kärnkraftverket i Fukushima havererade. Olyckan fick stor påverkan på den internationella debatten om kärnkraft, och ledde bland annat till att ett internationellt samarbete kring så kallade stresstester av kärnkraftverk kom till stånd. Olyckan satte även spår i den nationella kärnkraftspolitiken, framför allt i Tyskland och Schweiz. Årets kunskapslägesrapport redogör för händelseförloppet vid olyckan och efteråt,

samt vilka konsekvenser den haft för den politiska diskussionen om kärnkraft internationellt.

International Atomic Energy Agency, IAEA, har identifierat Sverige, Finland och Frankrike som de länder som har kommit längst i processen att utveckla och besluta om ett förvar för använt kärnbränsle, och granskningen av SKB:s ansökan följs internationellt med stort intresse. Men kunskapen om andra länders slutförvarsprogram (och hur dessa fortskrider) är också viktig för att kunna följa och ge synpunkter på det svenska programmet. I årets kunskapslägesrapport beskrivs därför kortfattat slutförvarsprogrammet i några europeiska länder och i USA.

2 Säkerhetsanalys för projektering, konstruktion och deponering

2.1 Säkerhetsanalysens roller

Som Kärnavfallsrådet tidigare har påpekat, ger SKB säkerhetsanalysen en dubbel roll i kärnavfallssystemet: ”en *intern* roll som management-verktyg inom SKB och en *extern* roll i samhällets tillståndsprocess” (1). Den externa rollen är väldokumenterad i en utvecklingsprocess som sträcker sig över decennier och där SR-Site i SKB:s ansökan är den senaste länken i en lång kedja av säkerhetsanalyser. Den interna rollen är sämre dokumenterad och genomlyst, samtidigt som denna roll vidgas och får ny betydelse vid eventuellt uppförande och drift av en slutförvarsanläggning. Därför fokuserar Kärnavfallsrådet i föreliggande kunskapslägesrapport, liksom i tidigare yttranden, på denna interna roll (1), (2).

Under den första delen av slutförvarsprojektet har säkerhetsanalysens funktion främst varit *garanterande*, både i sin externa och interna roll. Det innebär att analysen ska garantera att det går att bygga ett rimligt säkert slutförvar – i svensk modellberggrund såväl som på den valda platsen.

I nästa fas av projektet förskjuts och vidgas säkerhetsanalysens funktion (i sin roll som internt ledningsverktyg) från *garanterande* till *normerande* och *styrande*. Betydelsen av säkerhetsanalysens *normerande* och *styrande* funktion kommer att öka efterhand som tillståndsprocessen fortskrider, för att bli dominerande efter eventuell byggstart om SKB får tillstånd att uppföra förvaret (2). Säkerhetsanalysen ska då formulera byggnormen, det vill säga de krav som slutförvaret måste uppfylla vid förslutning (den är då *normerande*) samtidigt som den måste styra hur projektorganisationen utformas, så att säkerhetsanalysen är integrerad i alla delar av projektledningen (den är då *styrande*).

Syftet med detta kapitel är dels att illustrera hur konstruktionsförutsättningarna härleds från säkerhetsanalysen, dels att peka på säkerhetsanalysens roll i projektets styrning och organisation.

2.2 Säkerhetsanalysen under uppförande och drift

Säkerhetsanalysens funktioner under uppförande och drift är förenade i en dynamisk relation (se nedan figur 2.1). Byggnormen härleds ur säkerhetsanalysen och projektorganisationen måste integrera säkerhetsanalysen i sitt arbete för att kunna realisera det önskade *initialtillståndet*.

Initialtillståndet beskriver slutförvarets egenskaper vid förslutningⁱ och är utgångspunkt för analysen av förvarets säkerhet. Man kan säga att allt arbete med uppförande och drift syftar till att lämna förvaret i ett sådant initialtillstånd att säkerhetsanalysen där efter kan garantera rimlig säkerhet för slutförvaret under en miljon år. Här följer en kortfattad beskrivning av säkerhetsanalysens normerande och styrande funktioner under uppförande och drift.

2.2.1 Den normerande funktionen

Säkerhetsanalysen visar på de krav som kapsel, bentonit, återfyllnad och berg måste uppfylla för att säkerhetsanalysen ska kunna garantera ett rimligt säkert slutförvar. Byggnormen för slutförvaret ska återspegla dessa krav. I den metodik som utvecklats av SKB genererar säkerhetsanalysen *konstruktionsförutsättningar* (på engelska *design premises*) för var och en av de tillverkade tekniska komponenterna och bergutrymmena (3). Konstruktionsförutsättningarna specificerar de egenskaper som dessa delar måste uppfylla för att uppnå det önskade initialtillståndet. Tillsammans utgör konstruktionsförutsättningarna byggnormen för slutförvaret.

Sambanden mellan säkerhetsanalys, initialtillstånd och byggnorm är dock komplexa. Byggtiden för förvaret är över ett halvt sekel, vilket innebär att konstruktionsförutsättningarna vid byggstarten representerar en byggnorm som under fem decennier ska realiseras i ett initialtillstånd som uppfyller säkerhetsanalysens krav.

ⁱ SKB ansökan definierar "initialtillstånd" enligt följande: "Egenskaper hos det använda kärnbränslet och hos tekniska barriärer då de slutligt satts på plats i slutförvaret och inte hanteras ytterligare inom slutförvarsanläggningen. Egenskaper hos bergutrymmen vid slutlig deponering, återfyllning eller förslutning." (Toppdokument – Begrepp och definitioner).

Bergets detaljerade egenskaper påverkar förvarets utformning, men utgör en osäkerhetsfaktor som är upplöst först när den sista kapseln är deponerad. SKB kommer att bygga slutförvaret enligt observationsmetoden (4), vilket innebär att man kontinuerligt kommer att mäta värdet på vissa parametrar och vid avvikelser utanför förväntade intervall anpassa konstruktionen. Naturvetenskaplig forskning och teknisk utveckling kan förändra förutsättningarna för förvaret och kräva anpassning. Även mänskligt felhandling kan få konsekvenser för förvarets funktion och kräva anpassning.

Händelser och ny kunskap kan alltså tvinga fram förändringar i byggnormen, samtidigt som initialtillståndet successivt kommer att realiseras under hela byggtiden, eftersom SKB avser att återfylla och plugga deponeringstunnlar efterhand som deponeringshålen fylls.

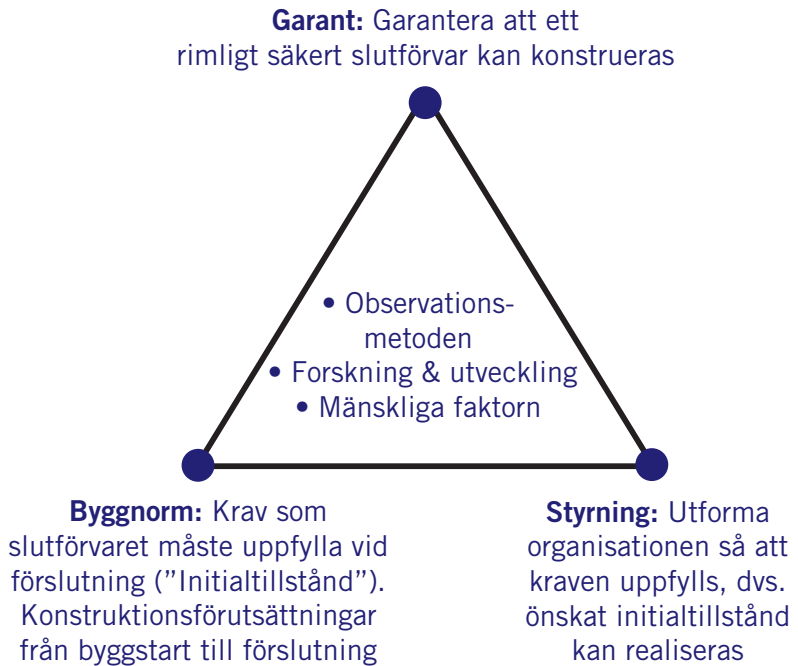
2.2.2 Den styrande funktionen

Att realisera initialtillståndet ställer höga krav på projektorganisationen. Denna måste i varje skede av genomförandet – från uppförande och drift fram till förslutning och avveckling – garantera att det önskade initialtillståndet uppnås.

För att förvaret ska uppfylla byggnormen vid förslutningen krävs att projektorganisationen har tagit till sig och integrerat säkerhetsanalysen i sin verksamhet. Ett projekt som sträcker sig över flera generationer av medarbetare ställer också speciella krav på organisationens kontinuitet och överföring av kunskaper och erfarenheter. En viktig fråga är hur kompetensen ska bevaras och utvecklas inom kärnområdet säkerhetsanalys, inklusive hur säkerhetsanalysen ska styra verksamheten under uppförande och drift.

Berget, forskning och utveckling, samt den mänskliga faktorn är exempel på faktorer som under den långa byggtiden kräver projektledningens uppmärksamhet och kan tvinga fram säkerhetsanalys med nya randvillkor, vilket i sin tur kräver en uppdatering av byggnorm/konstruktionsförutsättningar, vilket i sin tur kan kräva förändringar i projektorganisationen. Med hänsyn till den långa byggtiden förefaller det mycket troligt att det verkliga initialtillståndet vid förslutningen kommer att avvika från de *konstruktionsförutsättningar som gällde vid byggstart*

Figur 2.1. Samspel mellan säkerhetsanalysens tre funktioner, som garant och som bas för byggnorm och projektstyrning



2.3 Från garant till byggnorm

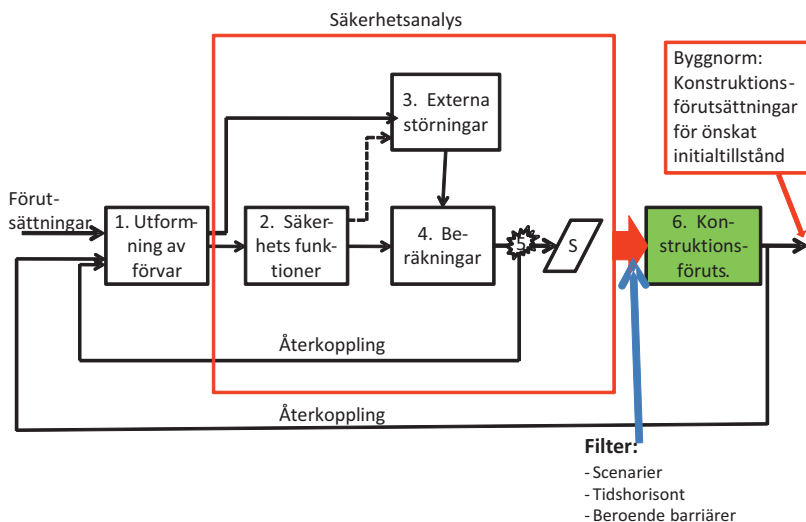
För de (tillverkade) komponenter i slutförvaret som kan påverka den långsiktiga säkerheten krävs konstruktionsförutsättningar. SKB identifierar fem sådana komponenter för KBS-3 (3):

- Kapsel
- Buffert
- Deponeringshål
- Deponeringstunnlar och deras återfyllning
- Huvudtunnlar och centralområde med mera, och förvarets förslutning

Bergets egenskaper är inte en konstruktionsförutsättning, men däremot utgör de ett randvillkor för de fem komponenterna. Om berget visar sig ha andra egenskaper än planerat innebär detta att

konstruktionsförutsättningarna kan behöva ändras. Som påpekades i föregående avsnitt är berget en mycket viktig faktor, som kan medföra att det initialtillstånd som slutlig realiserats avviker från det som ursprungligen planerades.

Figur 2.2 Från säkerhetsanalys till byggnorm. ("S" står för de slutsatser som dras om den långsiktiga säkerheten och som dokumenteras i publicerade rapporter, exempelvis SR-Can.)



Figur 2.2 visar schematiskt stegen från utformning av förvar och säkerhetsanalys till konstruktionsförutsättningar, för att uppnå ett initialtillstånd som ska garantera säkerhet (3). Säkerheten bedöms i enlighet med rekommendationerna till SSM:s föreskrifter (5).

Säkerhetsanalysen utgår från en given utformning av slutförvaret och antagna egenskaper hos barriärerna då förvaret försluts. Säkerhetsfunktioner och externa störningar är två viktiga element i säkerhetsanalysen:

- Säkerhetsfunktionerna utgör den normativa delen av säkerhetsanalysen. De beskriver de egenskaper hos barriärerna som måste bibehållas under hela analysiden, det vill säga under en miljon år.
- Förvaret kommer att utsättas för externa störningar, exempelvis en ny istid och jordbävningar. Störningarna genererar alternativa scenarier som används för att beräkna förvarets säkerhet under

andra förhållanden än dem som råder i bas-scenariot. Utfallet av beräkningarna jämförs med mätetal (indikatorer) för säkerhetsfunktionerna – exempelvis täthet och svälltryck hos bufferten. Om indikatorerna ligger utanför tillåtet intervall, eller nära gränsvärden, finns anledning att gå tillbaka till tidigare steg och exempelvis ändra förvarsutformning eller testa nya scenarier.

Metodiken kring säkerhetsanalysen har diskuterats i tidigare kunskapslägesrapporter och vi kommer inte att fördjupa oss i den här. Fokus här ligger istället på den vidareutveckling som nu görs för att få fram en byggnorm, vilket i figur 2.2 markeras av en kraftig röd pil till steg 6.

2.3.1 Konstruktionsförutsättningarnas relation till säkerhetsfunktionerna

Konstruktionsförutsättningarna är relaterade till säkerhetsfunktionerna och deras indikatorer, men de får inte förväxlas med varandra:

- Säkerhetsfunktionerna bringar ordning och skapar ingångar till den enorma datamängd som de säkerhetsanalytiska beräkningarna genererar. Detta kan utnyttjas för att hitta de viktiga egen-skaper som ska regleras av byggnormen. Säkerhetsfunktionerna ska hålla reda på alla barriärerna, inklusive geosfären, från förslutning och ”in i evigheten”.
- Konstruktionsförutsättningarna däremot är ett verktyg för projektledning och projektorganisation under genomförandeskedet. De ska styra arbetet med de fem tillverkade komponenterna i förvaret, så att det önskade initialtillståndet kan förverkligas.

I vissa fall kan en grupp av säkerhetsfunktioner tas över direkt i förvarets byggnorm. Enligt SKB gäller detta de kemiska förhållandena i deponeringshålen (3). Konstruktionsförutsättningarna för dessa förhållanden är direkt övertagna från geosfärens säkerhetsfunktion R1, som ska garantera att berget ur säkerhetssynpunkt ger goda kemiska förhållanden. I de flesta fall utgör funktionerna för geosfären randvillkor för konstruktionsförutsättningarna. Det gäller exempelvis placering och vatteninflöden till deponeringshål och uttag av deponeringstunnlar.

En konstruktionsförutsättning kan återspegla flera säkerhetsfunktioner. Det gäller exempelvis tätheten för den vattenmättade bufferten. Denna täthet ska ligga inom ett intervall som ska möta kraven från minst tre olika säkerhetsfunktioner: hindra kolloid transport, eliminera mikroorganismer och dämpa höga skjuvkrafter på kapseln. Givet konstruktionsförutsättningarna är det möjligt att relatera dessa till säkerhetsfunktionerna. Men en trovärdig byggnorm kräver en systematisk metodik för att härleda en samling konstruktionsförutsättningar, vilka tillsammans är kompletta och inbördes konsistenta.

Man kan identifiera tre filter för att sortera och utvinna information från säkerhetsanalysen:

- *Scenarier*: Enligt SKB visar säkerhetsanalysen i SR-Can att scenarier med kapselkorrosion på grund av bufferterrosion och kapselbrott, som i sin tur beror på skjuvrörelser, ger de allvarligaste riskerna (6). Ett antal underscenarier relaterade till buffert och berg leder till korrosion och kapselbrott. Enligt SR-Can bildar således korrosions- och kapselbrottsscenarierna, tillsammans med underscenarier, de basfall som är utgångspunkt för utformning av byggnormen.
- *Tidsskalan*: Strålsäkerhetsmyndighetens rekommendationer utgör det andra filtret (5). Myndigheten rekommenderar ett kvantitativt riskkriterium för de första 100 000 åren. För tiden därefter anses ett kvantitativt riskkriterium inte meningsfullt. Myndigheten konstaterar: "Bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga bör istället baseras på ett resonemang kring den beräknade risken tillsammans med flera kompletterande indikatorer på slutförvarets skyddsförmåga, till exempel barriärfunktioner, aktivitetsflöden och koncentrationer i miljön" (5). SSM:s föreskrifter kräver att "hänsyn tas till bästa möjliga teknik" (5). Byggnormen måste utformas så att riskkriterierna är uppfyllda och att bästa möjliga teknik väljs.
- *Ömsesidigt beroende barriärer*: Konstruktionsförutsättningarna för enskilda komponenter måste ta hänsyn till hela barriärsystemets funktion. Förvarsdjup och buffertens utformning påverkar den isostatiska belastningen på kapseln. Eventuella framtida skjuvkrafter på kapseln beror bland annat på hur layout av deponeringsområde och deponeringshåll anpassats till buffertens och bergets egenskaper.

På samma sätt som i arbetet med säkerhetsanalysen kan det finnas anledning att i arbetet med byggnormen för initialtillståndet gå tillbaka till tidigare steg, exempelvis till säkerhetsanalysen eller till den grundläggande utformningen av slutförvaret.

Ytterligare scenarier kan behöva undersökas för att kontrollera kraven på initialtillståndet, och kraven på en komponent kan kräva justeringar i förvarsutformning. I föregående avsnitt gavs exempel på yttre faktorer som osäkerhet om bergets egenskaper, ny forskning och utveckling, samt mänskligt felhandlande, vilket kan kräva att hela processen från förvarsutformning och säkerhetsanalys till byggnorm måste genomlöpas på nytt.

2.3.2 Reflektioner kring metodik och resultat

Arbetet med att ta fram konstruktionsförutsättningar för KBS-3 på föreslagen plats i Forsmark har bara påbörjats. Nuvarande förslag till förutsättningar kommer med hög sannolikhet att förändras och fördjupas, liksom metodiken som beskrivs i figur 2.2.

Ett positivt svar på SKB:s ansökan kommer att göra metodik och det som här kallats byggnorm till stora och centrala teman i arbetet med slutförvar. Kärnavfallsrådet ser det därför som en viktig uppgift att följa utvecklingen på området. Den kunskap om metodik och resultat som finns dokumenterad i nuläget ger Kärnavfallsrådet underlag till följande reflektioner:

- *Realistiska konstruktionsförutsättningar:* Man kan ställa frågan hur realistiska de föreslagna konstruktionsförutsättningarna är. Exempelvis är kraven på bufferten mycket strikta. Mängden deponerad bentonit per deponeringshål ska vara sådan att densiteten hos den vattenmättade bufferten ligger i intervallet 1950–2050 kg/m³, vilket ger 5 procents marginal för fel. Även om man förutsätter att ingen del av bentoniten någonsin kommer att lämna ett deponeringshål kräver denna konstruktionsförutsättning en högt driven kvalitetskontroll i hela kedjan från produktion och hantering av buffert till dess placering i deponeringshålet (7).
- *Återstående osäkerheter:* Kärnavfallsrådets Kunskapslägesrapport 2011 diskuterade utförligt återstående osäkerheter beträffande kapselns och buffertens funktion (8). Dessa belyser ytterligare både nödvändigheten och svårigheten att uppfylla densitetskravet

för bufferten. Beträffande risken för bufferterosion hävdar SKB att den nedre intervallgränsen om 1950 kg/m^3 är tilltagen med marginal för erosion (3). Men minimikravet för att eliminera mikroorganismer är 1900 kg/m^3 , så marginalen är 2,5 procent. SKB konstaterar en smula uppgett: *”However, it is possible that a better understanding of the process would allow neglect of buffer erosion in future assessments”* (3).

- *Operativa konstruktionsförutsättningar*: En byggnorm bör vara verifierbar. Det innebär att konstruktionsförutsättningarna bör vara operativa i den meningen att det med rimliga mätinsatser i anslutning till olika arbetsmoment går att kontrollera att förutsättningarna är uppfyllda. Kärnavfallsrådet anser att i sin nuvarande utformning är några av förslagen i SKB:s rapport (TR-09-22) (3) inte operativa. Exempelvis krävs för deponeringshålerna att totala vatteninflödet ska vara mindre än 150 m^3 , från buffertens första exponering för inflödet tills bufferten är vattenmättad. Detta kriterium är intressant i en säkerhetsanalys, men i sin nuvarande form är det obrukbart i en byggnorm. För att ge vägledning till projektorganisationen måste det brytas ned till operativa beståndsdelar.
- *Inläsningar*: Återkopplingarna i figur 2.2 visar att både systemanalysen och utvecklingen av byggnorm är iterativa processer. Återkopplingen ger stabilitet och effektivitet till processen, men Kärnavfallsrådet påpekade också i sin Fudgranskning 2007 riskerna för inläsning. Rådet konstaterade att det återkopplade systemet kan ”förvandlas till ett resurskrävande system för att effektivt lära mer om det man redan ser. Systemet värjer sig mot nytänkande och möter nya hot med mer av tidigare åtgärder.” (1). Kärnavfallsrådet anser att frågan om inläsningseffekter är viktig, och att SKB bör redogöra för vilka mekanismer som finns för att exempelvis återstarta teknikutvecklingen om samspelet kapsel-buffert-berg inte fungerar som förväntat.
- *Tolkning av ”bästa möjliga teknik”*: SKB för ett intrikat resonemang om SSM:s kvantitativa riskkriterium och bästa möjliga teknik (BAT) (3). Resonemanget skulle kunna tolkas så, att om det kvantitativa riskkriteriet utsträckt efter 100 000 år inte kan fullföljas, så räcker *argumentering* om införande av bästa möjliga teknik för perioden efter 100 000 år. Kärnavfallsrådet anser att

principen om bästa möjliga teknik bör förtydligas, exempelvis genom att definiera begreppen nödvändiga och tillräckliga villkor. Ett *nödvändigt* villkor för att ett slutförvar ska bedömas säkert efter 100 000 år är i så fall att sökanden kan påvisa att man med rimlig mängd resurser använt bästa möjliga teknik. Detta behöver emellertid inte vara *tillräckligt* för att slutförvaret ska bedömas säkert. Krav kan ställas på utveckling av ytterligare metoder och teknik.

2.4 Från byggnorm till initialtillstånd

Säkerhetsanalysen ska garantera att ett rimligt säkert slutförvar kan byggas och byggnormen ska omsätta säkerhetsanalysens resultat i operativa konstruktionsförutsättningar. Att realisera byggnormen i ett initialtillstånd som överensstämmer med säkerhetsanalysens förutsättningar är en uppgift för projektledning och projektorganisation.

Som byggprojekt kan slutförvaret inte sägas vara unikt. Det är litet jämfört med svenska gruvor, varav många byggts ut under en längre period än vad som beräknas för förvaret. Byggnormen baseras på fyra decennier av forskning och utveckling men utnyttjar i huvudsak känd byggteknik – medeltidens katedralbyggare tog större risker än förvarets projektledning. Förvaret byggs för att förslutas precis som Egyptens pyramider.

Vad är då så unikt med detta projekt att projektstyrning tas upp som ett eget avsnitt i en Kunskapslägesrapport? Svaret relaterar till figur 2.1. Förvaret byggs för att producera säkerhet inte bara under överskådlig tid utan främst över oöverskådlig tid. Ingen av dagens eller morgondagens beslutsfattare och byggare kommer att kunna kontrollera att förvaret fyller sin uppgift. Kontroll av måluppfyllelse baseras helt på datorsimuleringar, det vill säga säkerhetsanalysen. Frågan uppstår vad detta betyder för projektstyrning och för kraven på projektorganisationens förmåga att hantera säkerhetsanalysen. Hur hanteras dynamiken säkerhetsanalys-byggnorm-projektstyrning exempelvis när berget, forskning och utveckling eller mänskligt felhandlande tvingar fram modifieringar i förvaret och/eller en ny säkerhetsanalys? Hur integreras säkerhetsanalysen i upphandling av entreprenader och i daglig verksamhet? Skapar de långa tidsrymderna i säkerhetsanalysen en moralisk risk? Hur kontrollerar man om en entreprenör medvetet eller omedvetet börjar

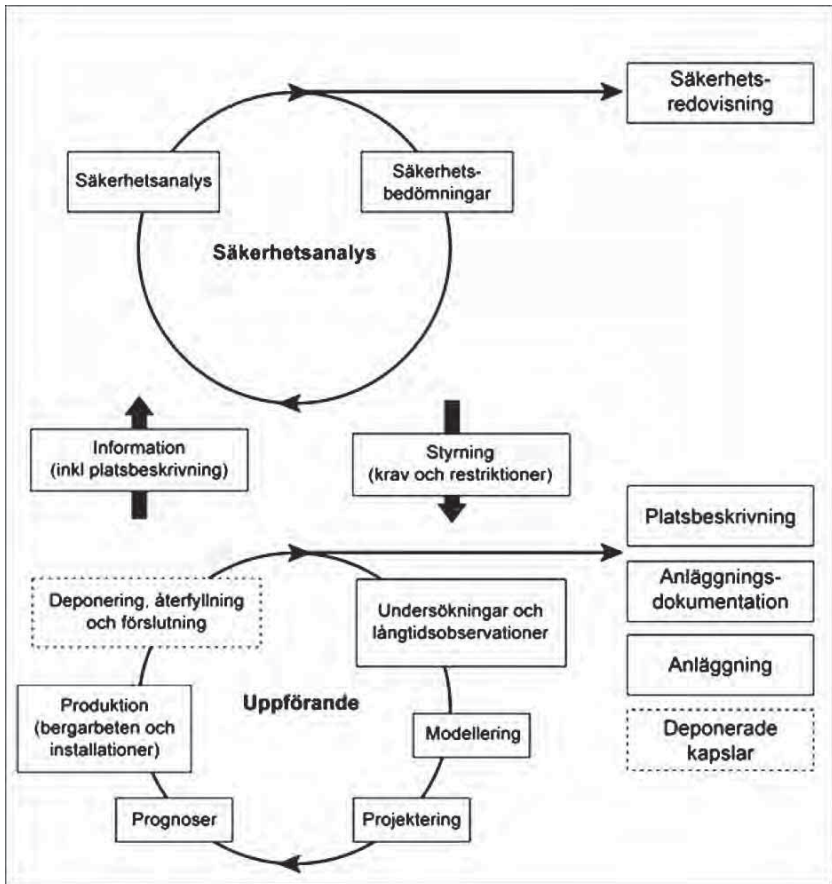
”runda några hörn” när effekten av ett eventuellt felhandlande i alla fall bara visar sig efter 50 000 år?

Kärnavfallsrådet anser att frågor om säkerhetsanalys och projektstyrning har en sådan dignitet att de bör ges en systematisk studie, exempelvis med hjälp av verktyg från organisationsteorin.

Studierna av säkerhetsanalys och projektstyrning bör utgå från en bred ansats. I sitt klassiska arbete *Images of Organization* understryker Morgan (1986) behovet av flerfaldiga perspektiv vid analys av en organisation. En organisation utformad för att uppnå specificerade mål kan enligt Morgan samtidigt beskrivas som:

...a species of organization that is able to survive in certain environments but not in others; an information-processing system that is skilled in certain kinds of learning but not in others; a cultural milieu characterized by distinctive values, beliefs and social practices; a political system where people jostle to further their own ends; an arena where various subconscious or ideological struggles take place; an artifact and manifestation of a deeper process of social change; an instrument used by one group of people to exploit and dominate others; and so on. (9).

Figur 2.3. SKB:s bild av de två huvudprocesserna och deras mål under uppförandeskedet. Streckade rutor indikerar verksamhet som inte genomförs under detta skede. Bilden är hämtad ur SKB:s ansökan, bilaga VU "Verksamhet, ledning och styrning – Uppförande av slutförvarsanläggningen", s. 20.



Figur 2.3 visar SKB:s egen bild av relationerna mellan säkerhetsanalys och arbetet med att projektera, bygga och driftsätta slutförvaret. SKB konstaterar:

I den pågående planeringen för uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret har verksamheten delats in i två huvudprocesser. Mellan dessa och delprocesser finns viktiga samband i form av styrning, information och feedback. Projektplan och övriga delar av ledningssystemet har som mål att dessa samband ska fungera effektivt. (10).

SKB:s syn ansluter till ett av de perspektiv som Morgan beskriver. I detta perspektiv ses en organisation som ett socialt system för informationsbearbetning, lärande, beslut och genomförande. I organisationslitteraturen görs i detta perspektiv många referenser till hur vår egen hjärna arbetar (11). Mycket kortfattat skulle man kunna uttrycka det på samma sätt som sociologen Luhmann, som ser organisationer som sociala system för utformning och kommunikation av beslut (12). Att finna en effektiv och säker styrning av slutförvarsprojektet kräver analys ur många perspektiv, men perspektivet information-kommunikation-beslut förefaller vara en rimlig startpunkt.

Bilden av organisationen i figur 2.3 är mycket översiktlig och SKB har inte preciserat hur effektiva och säkra samband mellan huvudprocesser och delprocesser för styrning, information och återkoppling ska se ut. Resultat från tidigare studier kan här användas för att reflektera över SKB:s ansats, och för att börja identifiera kritiska steg i organisationens hantering av säkerhetsanalysens krav.

Exempel på studier av organisationen för hantering av kärnavfall finns i projekt som dåvarande Statens Kärnkraftinspektion (SKI) tillsammans med Strålskyddsinstitutet (SSI) initierade under slutet av 1990-talet och i början av 2000-talet. Studierna gjordes dels i SKI/SSI:s egen regi och dels som EU projekt, och omfattade organisationen i Sverige, Storbritannien och Frankrike (13), (14), (15). För organisationsanalysen användes en internationellt välkänd modell, *Viable System Model*, VSM (11). Studierna hade inte fokus på säkerhetsanalysens roll, men perspektivet innefattade figur 2.3. Applicerar vi resultaten från dessa tidiga studier på dagens situation inställer sig genast frågan om de två huvudprocessernas status. Ska de organiseras som två självständiga processer med egna mål, som figur 2.3 antyder, eller som två processer med skilda funktioner och med helt olika status i organisationen? Hur ska huvudprocesserna förhålla sig till varandra?

Baserat på de tidiga studierna kan man urskilja flera områden där organisatoriska studier är intressanta:

- *Dialogen mellan "Uppförande" och "Säkerhetsanalys"*. Denna dialog markeras i figur 2.3 med de två vertikala pilarna märkta "Information" och "Styrning". Effektiv kommunikation mellan processerna är en förutsättning för att konstruktionsförutsättningarna ska bli realistiska och operativa och realiserar korrekt i

initialtillståndet. Nödvändigheten av denna typ av dialog konstaterades i SKB:s Fud- program 2007 och upprepas i SKB:s Fud- program 2010. Kärnavfallsrådet observerade i sin Fud-granskning 2007: "Inom huvudprocessen 'Uppförande och drift' ska 'Säkerhetsanalys och platsmodellering' dels bidra till att koordinera den löpande verksamheten, dels träda in som samtalspartner i en dialog om åtgärder inom 'Uppförande och drift' för att hantera avvikelser från förutsättningar och antaganden i säkerhetsanalysen" (1). Formerna och innehållet i denna dialog är viktiga att studera liksom relationerna mellan dialogens parter.

- *Skillnader och relationer.* Dialogen äger inte rum mellan två likställda parter. Det är processen "Uppförande" som bygger slutförvaret och sedan tas över i driftskedet. Processen "Säkerhetsanalys" producerar säkerhetsrapporter och styrmedel. Huvudprocessen "Uppförande" kan delas upp i ett antal självständiga delprocesser med egna mål och ledning, exempelvis bergbyggnad, buffertframställning, deponering och återfyllnad. Resultaten från de tidigare organisationsstudierna visar att försök att på samma sätt dela upp huvudprocessen "Säkerhetsanalys" i ett antal självständiga delprocesser skulle göra hela organisationen dysfunktionell. "Säkerhetsanalys" måste finnas tillgänglig som dialogpartner inom alla delprocesserna i "Uppförande" men inte som självständiga enheter utan som medlem och del av ledningen för respektive delprocess med uppgift att bearbeta information och utveckla verktyg för att styra delprocessen. Det innebär bland annat att tolka och precisera de delar av byggnormen som är relevanta för delprocessen. Två områden framträder som intressanta för fortsatta studier.
- *Koordination och byggnorm.* Koordination kräver detaljerade protokoll eller en regelbok för relationerna mellan delprocesserna i "Uppförande", exempelvis hur en producerad buffert ska överlämnas till deponeringsteamet för placering i deponeringshålet. Protokollen ska baseras på byggnormen. Koordinationen är således starkt kopplad till den kvalitetssäkring som ska garantera att byggnormen följs, dels inom varje delprocess men också i skarvarna mellan delprocesser. Det finns anledning att betrakta riskerna för moraliska risker, speciellt i övergången mellan olika delprocesser.

- *Nivåer och delprocesser.* Vi har i de två föregående punkterna betonat nödvändigheten att föra ut säkerhetsanalys och byggnorm till alla delprocesser och nivåer i projektet, så att säkerhetstänkandet tränger ända ut i projektets kapillärer. Man bör ställa frågan hur indelningen ska göras. Normalt sett görs indelningen så att produktionen blir så effektiv som möjligt. Det som ska produceras i slutförvaret är långsiktig säkerhet. Det innebär att projektet inte ska organiseras för mest effektiva bergbyggande, utan för att ge optimala förhållanden för kontroll av att byggnormen följs och därigenom för produktion av önskat initialtillstånd.

Ovanstående diskussion använder en speciell organisatorisk modell från tidigare studier för att illustrera några organisatoriska frågeställningar inför byggande av ett slutförvar. Resultaten ska ses som exempel och är inget ställningstagande för användning av någon speciell analysmodell.

Kärnavfallsrådet vill emellertid understryka behovet av systematiska studier av hur organisationen ska se ut för att garantera att den fastställda byggnormen följs och att det önskade initialtillståndet uppnås under de speciella förhållanden som råder för genomförande av slutförvar. Rådet anser att sådana studier bör komma igång så snart som möjligt, så att kunskapen finns inför ett eventuellt tillåtighetsbeslut för ett KBS-3 förvar i Forsmark.

2.5 Sammanfattning

Kärnavfallsrådet drar följande preliminära slutsatser om säkerhetsanalys, byggnorm och organisation för uppförande, drift och förslutning av slutförvar för använt kärnbränsle:

- Tillståndsprocessen och ett eventuellt tillåtighetsbeslut för inkapslingsanläggning i Oskarshamn och slutförvar i Forsmark utökar säkerhetsanalysens funktioner. Utöver funktionen som garant för att det ska gå att bygga ett rimligt säkert slutförvar, blir säkerhetsanalysen basen för utformning av konstruktionsförutsättningar och för projektstyrning för att förverkliga det önskade initialtillståndet. Konstruktionsförutsättningarna kommer att fungera som en byggnorm för förvaret. Kärnavfallsrådet ser det som en viktig uppgift att följa utvecklingen av byggnorm och uppbyggnad av projektorganisation.

- SKB har påbörjat processen att utforma konstruktionsförutsättningar. Resultatet tydliggör återstående osäkerheter beträffande kapselns och buffertens funktion. Det visar också på vikten av långt driven kvalitetskontroll i varje arbetsmoment och en byggnorm med mätbara konstruktionsförutsättningar. SKB:s arbete väcker också frågan om precisering av kriteriet ”bästa möjliga teknik” i SSM:s rekommendationer. Att visa att man använder bästa möjliga teknik bör ses som ett nödvändigt men inte tillräckligt villkor för att ett slutförvar ska bedömas vara rimligt säkert efter 100 000 år.
- Utbyggnad och deponering i slutförvaret ska pågå i över fem decennier med målet att producera långsiktig säkerhet, som verifieras genom datorsimuleringar. Organisation och styrning av ett sådant projekt reser speciella frågor beträffande hantering av oplanerade händelser, upphandling av entreprenader och daglig kvalitetskontroll. Det faktum att effekten av felhandlande eller medvetet fusk visar sig först efter tiotusentals år skulle kunna skapa en typ av moralisk risk. Kärnavfallsrådet anser att frågor om organisation och projektstyrning har en sådan dignitet att de bör ges en systematisk studie med hjälp av verktyg från organisationsteorin. Sådana studier bör komma igång snarast möjligt, så att kunskapen finns tillgänglig inför ett eventuellt tillåtighetsbeslut för ett KBS-3 förvar i Forsmark.

Referenser

1. SOU 2008:70, Slutförvaring av kärnavfall. Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2007, s. 36.
2. SOU 2011:50, Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2010.
3. SKB TR-09-22, Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses.
4. Peck, R.B. (1969) "Ninth Rankine Lecture: Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics", *Geotechnique*, Vol 19, pp. 171–187.
5. SSMFS 2008:37, Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (föreskrifter och allmänna råd).
6. SKB TR-06-09, Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. Main report of the SR-Can project.
7. SKB R-09-12, Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle. Anläggningsbeskrivning layout D – Forsmark, s. 45–46.
8. SOU 2011:14, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011 – geologin, barriärerna, alternativen.
9. Morgan, G. (1986), *Images of Organization*, Sage Publications, Newbury Park.
10. SKB (2011), Ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet till uppförande, bilaga VU, s 20
11. Beer, S. (1979), *Heart of enterprise*, Wiley, Chichester.
12. Luhmann, N. (1996), "Membership and Motives in Social Systems", *Systems Research*, Vol. 13, pp. 341–348.
13. Espejo, R. and Gill, A. (1998), "The Systemic Roles of SKI and SSI in the Swedish Nuclear Waste Management System", SKI Report 98:4, SSI-Report 98-2, Statens Kärnkraftinspektion och Statens Strålskyddsinstitut, Stockholm January 1998.
14. Espejo, R. (2003), "Structure for transparency in nuclear waste management. Comparative review of the structures for nuclear waste management in France, Sweden and the UK", SKI Report 2003:26 (RISCOM II Deliverable 2.3), November 2003.
15. Espejo, R. (2007), "The RISCOM model: dialogues and requisite organisation", *Kybernetes*, pp. 291–306, Vol. 36, No. 3/4.

3 Från initialtillstånd till idealtillstånd i slutförvaret för använt kärnbränsle

3.1 Slutförvaret i ett tidsperspektiv

Slutförvaret ska fungera under en extremt lång tid – mer än 100 000 år. Under samma tidsrymd bakåt i tiden har människans utveckling gått från Homo Neanderthalis till Homo Sapiens, och hur utvecklingen ser ut under samma tidsperiod framåt i tiden är det väl ingen som kan förutsäga.

Klimatet har också varierat och många förändringar på jordytan kan förklaras av detta. Den senaste istiden tog slut för ungefär 10 000 år sedan, och om vi går 20 000 år tillbaka i tiden var klimatet mycket kallt. En detaljerad beskrivning av landisens inverkan på landskapet finns i fördjupning av en tidigare rapport från Kärnavfallsrådet och berörs endast sammanfattningsvis här (1).

Landisens bildning och framväxt innebar stora förändringar i berg, jord och vatten, både under och utanför landisen. Grundvattnet frös till is vilket bland annat ledde till att sprickor och porer i berget vidgades, och när trycket av den allt mäktigare landisen ökade började dess bottenskikt att smälta. En del smältvatten från ytan sökte sig ner i isens sprickor. Landskapet utanför landisen präglades av ständig tjäle (permafrost) och tundra. Permafrosten under nedisningen hade utbildats under lång tid vid olika faser och därigenom till stort djup (flera hundra meter). Landisen och det tidvis höga vattentrycket ledde också till ökade bergspänningar i djupled.

Våra nuvarande kunskaper om utvecklingen framåt i tiden har också beskrivits i ovan nämnda rapport från Kärnavfallsrådet, där professor Bert Bolin redovisade kunskapsläget om den framtida klimatutvecklingen i tre olika tidsskalor (1). Under de närmaste

1000 åren kommer klimatet att påverkas av de kraftiga störningar som orsakas av bland annat att en ökande halt av koldioxid och andra så kallade växthusgaser i atmosfären förhindrar eller försvårar värmeutstrålning från jordytan. En ökande temperatur ger i sin tur upphov till en rad oönskade effekter (isavsmältning, havsnivåhöjning med mera).

Under dessa varierande förhållanden förväntas slutförvaret fungera i 100 000 år och det använda bränslet från våra kärnreaktorer ska isoleras från omgivande miljö.

Det innebär naturligtvis en stor utmaning att utforma och bygga ett sådant förvar. Det gäller bland annat att använda den bästa teknik som finns tillgänglig i dag och göra realistiska beräkningar och bedömningar av framtiden under denna långa tidsperiod. Det är i sammanhanget inte möjligt att ge fullständiga garantier för att någonting oväntat kan inträffa eller för att ingen parameter i den av SKB upprättade säkerhetsanalysen har förbisetts eller underskattats.

Vissa förhållanden kommer inte att kunna fastställas förrän vid själva underjordsarbetet, till exempel storleken på bergspänningarna, som var stora och svåra att bestämma vid platsundersökningarna (2). Vattenföringens storlek och variation i olika avsnitt kan också bjuda på överraskningar.

3.2 Om initialtillståndets roll i säkerhetsanalysen

Säkerhetsanalysen är det instrument som SKB använder för att i möjligaste mån beskriva tänkbara scenarier för utveckling av slutförvaret och göra sannolikhetskalkyler för olika utfall. Säkerhetsanalysen är ett ”levande” dokument som hela tiden förändras allteftersom nya kunskaper och forskningsresultat tillkommer som kan påverka processer i förvaret. Som utgångspunkt för kalkylerna används det så kallade *initialtillståndet*.

Initialtillståndet motsvarar tillståndet omedelbart efter deponering för bränsle, kapslar, buffert, återfyllning och förslutning. Initialtillståndet för geosfären och biosfären avser de naturliga förhållanden som råder innan bergbrytningen inleds. Beskrivningen baseras på referensutformningen (3) av KBS-3-förvaret utifrån de metoder för utförande och kontroller som redovisats, en beskrivande modell av platsen för slutförvaret och en platsspecifik utformning av förvaret. Begreppet initialtillstånd innefattar även den varia-

tion i egenskaper som kan förväntas, med hänsyn till de metoder för utförande och kontroller som tillämpas.

Kapselns initialtillstånd beskriver således de egenskaper som kapslarna förväntas ha när de placeras i deponeringshålen och inte kommer att hanteras mer i slutförvarsanläggningen. De krav och konstruktionsförutsättningar som relaterar till kapselns barriärfunktion finns beskrivna i tidigare rapporter från SKB (3).

De tekniska barriärernas egenskaper då de slutligt sätts på plats i slutförvaret beskrivs av de initiala värdena hos ett antal variabler (4). Initialtillståndet för buffert och återfyllning är resultatet av den referensutformning, tillverkning och installation som har valts utifrån konstruktionsförutsättningarna. Det förväntade initialtillståndet hos andra variabler beror på hur buffert och återfyllning utvecklas efter installation och detta bestäms genom analys.

Buffertens initialtillstånd är tillståndet då hjälputrustningen som använts under deponeringen är borttagen och samtliga buffertkomponenter är installerade i deponeringshålet. Initialtillståndet kommer att bero av sammansättningen på buffertmaterialet, storleken och densiteten på de installerade buffertkomponenterna och deponeringshålets mått (5).

3.3 Från initialtillstånd till idealtillstånd

I samband med att kapslar och buffert deponerats kommer ett antal naturliga processer att inledas, som på sikt ska leda till att de syremolekyler som förekommer i bentoniten i form av inneslutna portioner av luft och vatten förbrukas, och bufferten sväller genom sorption av grundvatten. Dessa processer leder i bästa fall till att ett *idealtillstånd* (eng. *target state*) uppkommer, som kännetecknas av att den vattenmättade buffertens densitet (6) ligger i intervallet 1950–2050 kg/m³ och att syrgasen har förbrukats. Därigenom blir miljön reducerande, alltså syrefri, vilket minskar risken för korrosion av kopparkapseln. Det är egentligen detta eftersträvansvärda idealtillstånd som utgör underlag för förvarets långsiktiga utveckling.

En viktig fråga i sammanhanget är hur man kan verifiera om och när förvaret i sin helhet har uppnått sitt idealtillstånd efter förslutning, eftersom inga uppföljande mätningar för att kontrollera saken är planerade. Vad betyder det för den långsiktiga säkerheten om vissa parametrar i idealtillståndet inte har uppfyllts förrän efter flera hundra år i vissa deponeringshål? En ojämn fördelning av

sorberat grundvatten genom bentonitbufferten och kontakt med kopparkapseln (kungen i förvaret) kan till exempel skapa förutsättningar för oönskade korrosionsreaktioner på kapseln, försämring av buffertens egenskaper genom så kallad cementering och erosion av buffert och återfyllning.

3.3.1 Kopparkapselns initialtillstånd

Kopparkapseln är den viktigaste barriären i KBS-3 systemet eftersom den innesluter det använda kärnbränslet och förhindrar spridning av radionuklider till omgivningen. Kapselns uppgift är också att dämpa joniserande strålning och förhindra fortsatt uranklyvning (kriticitet). Därför måste den tillverkas och förslutas med hög tillförlitlighet.

SKB har valt referensmetoder för tillverkning av kapselns komponenter samt för svetsning och förslutning. Kopparröret har en tjocklek på 50 millimeter och tillverkas genom så kallad extrusion (metallen pressas genom en profilformande öppning). Kopparlock och kopparbottnar smids, och den lastbärande insatsen av järn gjuts. Svetsning av kopparbotten och förslutningen utförs med friktionssvetsning (*Friction Stir Welding, FSW*).

Kapselns barriärfunktion i förvaret beror på förmågan hos metallisk koppar att motstå korrosion och ge kapseln en hög hållfasthet. Kapseln ska motstå en isostatisk belastning på 45 MPa, vilket motsvarar ungefär 450 gånger normalt lufttryck. Påfrestningen i det här fallet är summan av svälltrycket i bufferten, grundvattentryck och hydrostatiskt tryck under en glaciation.

Kärnavfallsrådet har i tidigare rapporter och yttranden gett synpunkter på tillverkningsprocesser, kriterier för materialstruktur, materialegenskaper och defekter i såväl kopparhöljet som insatsen av gjutjärn och de underliggande kraven för oförstörande provning (1), (7). För detaljer om acceptanskriterier och kontroll av kopparhöljet och insatsen hänvisas till referenserna ovan.

Faktum är att alla krav som måste ställas på tillverkning, provning och kontroll av kapselns komponenter, liksom av hela systemet, ännu inte är helt klara. SKB har fortsatt att utveckla konstruktionsförutsättningarna för kapseln och en sammanställning av kapselns hållfasthet och skadetålighet (designanalys) har nyligen presenterats (8). Acceptanskriterier för systemet och driften är ännu inte fastställda och arbetet med att specificera dessa kriterier pågår.

Krypegenskaper (långsam plastisk deformation) hos kopparkapseln kan inte fastställas utifrån de resultat man fått vid kryptestning av ett homogent grundmaterial av koppar, utan även krypegenskaper hos en heterogen mikrostruktur av friktionssvetsen behövs för modellering och analys. Kryptöjning i svetsen är en komplicerad process, på grund av exempelvis varierande mikrostruktur, restspänningar och kallbearbetningsgrad samt den mycket långa tidsperioden. Studierna av krypning i svetsar är ännu för få, och i fortsättningen måste krypegenskaper hos friktionssvetsar och geometriska diskontinuiteter som visar de största töjningarna i designanalys (8) studeras mycket mera ingående.

De viktiga krypegenskaperna hos koppar har undersökts men en validerad krypmodell fattas ännu.

Kopparkorrosion har diskuterats mycket under de senaste åren. Kärnavfallsrådet har i tidigare kunskapslägesrapporter (9), (10) beskrivit de meningsmotsättningar som finns, och har i ett särskilt yttrande till miljöministern gett sin syn på frågan (11). Den viktigaste diskussionen gäller möjlig kopparkorrosion i den miljö som långsiktigt dominerar i förvaret det vill säga när syrgasen har förbrukats. Kopparkorrosion i den miljön resulterar alltid i vätgasutveckling och vätgastrycket blir därför en avgörande parameter för förloppet. När trycket uppnår en viss nivå upphör korrosionen och frågan gäller vid vilket vätgastryck detta sker och om det kritiska trycket långsiktigt kan upprätthållas nära kapseln. Kärnavfallsrådets samlade bedömning av dagens kunskapsläge innebär att kopparkapseln integritet kan bevaras under överskådlig tid, så länge buffertens barriärfunktion upprätthålls och en kontinuerlig transport av korrosiva joner från grundvatten till kapseln kan förhindras. Kopparkapseln har dock en så avgörande betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet att inga tvivel får finnas. Kärnavfallsrådet ställer sig därför mycket positiv till den fortsatta forskning om kopparkorrosion som finansieras av SKB och SSM och utförs vid oberoende universitet och forskningsinstitut.

3.3.2 Processer på kopparkapseln

Kopparkapslarna ska alltså innesluta det använda bränslet från kärnreaktorerna och därefter deponeras i slutförvaret, när de uppfyller de acceptanskriterier som är ställda för tillverkning och provning. När kapslarna har placerats i deponeringshålen och är omgivna av

de kompakterade bentonitblocken, skulle detta teoretiskt motsvara initialtillståndet, men i realiteten är detta inte fullt så enkelt.

Kopparkapslarna har en relativt hög temperatur (cirka 100 °C) och de har transporterats från inkapslingsanläggningen i Oskarshamn till det planerade förvaret i Forsmark under mer eller mindre fritt lufttillträde. Resultatet är att ytorna kommer att ha en beläggning av kemiska produkter som har bildats efter reaktioner med syrgasmolekyler och koldioxid i luften. Kopparkapslarna med dessa korrosionsprodukter, till exempel kopparoxider och kopparkarbonat (Cu_2O , CuO och $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) på ytorna, kommer alltså att deponeras i förvaret i detta skick och utgör därigenom det reella initialtillståndet.

Detta tillstånd utgör också en startpunkt för en rad önskade och oönskade processer på kapseln och i omgivande buffert innan förhållandena har stabiliserats, och de i bästa fall kommer att motsvara ett idealtillstånd som sedan ska bestå under resten av förvarstiden.

Denna del av kunskapslägesrapporten 2012 syftar till att beskriva och problematisera några av de processer som leder till att de olika komponenterna i förvaret övergår från ett initialtillstånd till ett idealtillstånd.

När kapslarna med beläggning av kopparoxider kommer i kontakt med den fuktiga bentoniten kommer kopparoxiderna att hydratiseras (reagera med vattnet) så att olika former av kopparhydroxider bildas på ytan. ($2\equiv\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow 2\equiv\text{CuOH}$ och $\equiv\text{CuO} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \equiv\text{Cu}(\text{OH})_2$ där \equiv betecknar kapselytan).

Liknande reaktioner finns tidigare publicerade (12) och man kan förvänta sig att speciationen (sammansättningen) på kapselytorna kommer att bestå under en mycket lång tid, det vill säga även efter det att fritt syre i bufferten har förbrukats. Beläggningen av kopparoxid/hydroxid på ytan kommer troligen att innebära ett visst skydd av kapseln från vidare oxidation, eftersom tillgången på syrgas är begränsad i bufferten. När miljön blir reducerande (syret har förbrukats) och grundvatten som innehåller sulfidjoner (HS^-) eventuellt når kapseln sker en omvandling av ytbeläggningen från kopparoxider till kopparsulfid ($\equiv\text{Cu}_2\text{S}$).

Ytan med kopparsulfid kommer sedan troligen också att hydratiseras (reagera med grundvattnet) så att ett eller flera lager med reaktionsprodukter ($\equiv\text{CuSH} + \equiv\text{CuOH}$) uppstår. Kapselns yta, som således är både oxiderad och hydratiserad, kan beskrivas som en parameter i etableringen av kopparkapselns idealtillstånd.

Fortsatt kontakt med grundvatten som eventuellt transporterats genom bentonitbufferten, kan leda till att kopparkapslarna kan adsorbera eventuella vätesulfidjoner (HS^-) från grundvattnet, i likhet med tidigare publicerade resultat för blysvulfid och zinksulfid (PbS och ZnS) (13). Dessa reaktioner på kopparkapseln gäller endast under syrefria förhållanden eftersom en oxiderande miljö leder till att sulfidjoner i lösning och på ytan oxideras. En långvarig kontakt med grundvatten innehållande vätesulfid, HS^- , kommer att innebära att kopparkapseln kan korrodera (genom reaktionen $\equiv\text{Cu} + 2\text{HS}^- \rightleftharpoons \equiv\text{CuS}_2 + \text{H}_2$) och kapseln måste därför skyddas av bufferten. Den långsiktiga säkerheten är i detta fall beroende av om vätsgetrycket kan hållas på en tillräckligt hög nivå för att reaktionen ska minska och avstanna.

Kloridjoner i grundvattnet förväntas inte bli ett reellt hot för korrosion genom att kopparklorid, CuCl , inte bildas i några större mängder om pH-värdet är högre än 4.

Idealtillståndet i deponeringshålet kännetecknas också av att bentonitbufferten är vattenmättad och att syrgasen i luft och vatten är förbrukad. Dessa processer beskrivs mer ingående i nästa avsnitt. Tiden mellan initialtillstånd och idealtillstånd kan påverka kopparkapseln negativt om sorption av vatten i bufferten sker punktvis och väldigt ojämnt. Då blir trycket från svällningen av bufferten mot olika delar av kapseln varierande, vilket i sin tur kan initiera icke önskvärda processer på ytan (till exempel spänningsskorrosion) innan tryckskillnaderna har utjämnats.

Den relativt varma kapseln (alltså cirka $100\text{ }^\circ\text{C}$) gör att vattnets ångtryck i den fuktiga bentoniten blir högt (även om vattnet inte kokar) innan bufferten vattenmättats, vilket påverkar vattentransporten ut från kapseln och gör gradienten av fukt i bufferten ännu mer påtaglig.

3.3.3 Processer i bufferten

Innan bufferten i form av kompakterade block och pellets sätts ner i deponeringshålen har den naturliga bentoniten genomgått en rad processer (bland annat malning som ska ge en homogen mineralblandning) samtidigt som mineralytorna aktiveras innan bentoniten kompakteras till block och pellets. Före kompakteringen tillförs vatten, så att vattenhalten ökar från cirka 10 procent till cirka 17 procent.

Kompakteringen, som innebär att bentoniten pressas ihop under högt tryck och densiteten ökar, betyder också att portioner av luft (cirka 21 procent $O_2(g)$) innesluts i blocken. Även det vatten som tillförs innehåller löst syrgas, $O_2(aq)$, teoretiskt ungefär 8 mg/dm^3 . Eftersom block och pellets efter kompaktering sätts ner i deponeringshålen utgör detta bentonitbuffertens initialtillstånd. Kompakteringen gör att hålrum och porer i bentoniten kommer att komprimeras, framför allt de som innehåller luftsyre, och det interna trycket i porerna ökar radikalt.

Det finns olika uppgifter i litteraturen om hur stor totalvolym som dessa interpartikulära porer upptar, och hur dessa kommer att bete sig under bentonitens sorption av grundvatten och vattenmättnad. I en nyligen publicerad doktorsavhandling (14) föreslås att denna porvolym är mindre än 3 procent för en bentonitdensitet som är lika stor eller större än 1.4 kg/dm^3 . Det är en betydligt lägre siffra än den som tidigare publicerats (15) och det är viktigt med en realistisk uppskattning av porvolymen för att kunna bedöma möjliga transportvägar för joner och kolloider genom bufferten.

Efter kompakteringen kommer det molekylära syret att förbrukas genom bakteriell aktivitet och reaktioner med föroreningar i bentoniten, medan oxidation av ytan på kopparkapseln knappast konsumerar avsevärt mer syre, eftersom den redan är oxiderad i sitt initialtillstånd.

Hur fort det molekylära syret förbrukas är nu en aktuell och intressant fråga i sammanhanget. Nya (opublicerade) resultat från POSIVA tyder på att detta skulle ske så snabbt som på tio dagar, medan tidigare resultat (15) från SKB visar på en betydligt längre tid – tiotals till 100-tals år.

En förklaring till de skilda resultaten skulle kunna vara att man mäter delvis olika saker. De syremolekyler som finns i den inneslutna luften under högt tryck kan troligen förbrukas relativt snabbt, medan förbrukningen av syret i porvatten (interpartikulärt) och laminärt vatten i montmorilloniten tar betydligt längre tid.

Det är känt från forskningen inom miljöområdet att transporthastigheten av syre i markporer är 6 000–10 000 gånger högre än i vatten. Redox-potentialen, som beskriver hur reducerande miljön har blivit, kommer att få olika nivåer beroende på mängden av olika former av syre. Det är endast när all syrgas förbrukats, det vill säga även det som finns löst i vattnet, som bufferten har nått sitt idealtillstånd med avseende på syrenivån i bufferten.

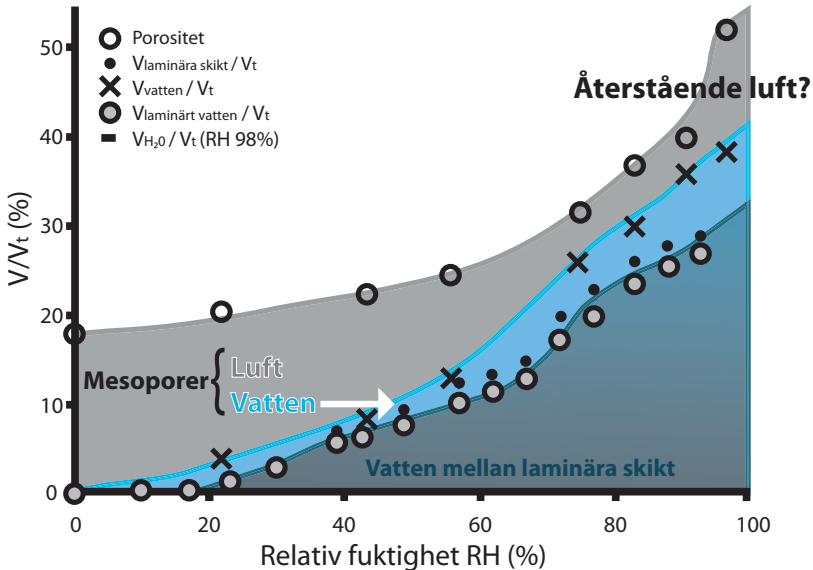
När bufferten kommer i kontakt med grundvatten i omgivande berg kommer den teoretiskt att suga in (sorbera) vatten, vilket innebär att bufferten sväller och fyller upp utrymmet i deponeringshålet, varvid densiteten ökar till cirka 2 kg/dm^3 . Detta tar mer eller mindre lång tid beroende på hur torrt omgivande berg är, och processen sker som tidigare beskrivits under förhållanden som bestäms av stora temperaturgradienter, upplösning och transport av föroreningar i bentoniten, förbrukning av löst syrgas genom oxidation av sulfider och organiska föreningar, samt bakteriell verksamhet med mera.

Man kan fråga sig varför buffertens densitet ökar (från cirka 1.6 kg/dm^3 till 2.0 kg/dm^3) när den sorberar mer vatten, eftersom vatten har densiteten 1 kg/dm^3 , det vill säga betydligt lägre än det fasta materialet – till exempel montmorilloniten med densiteten 2.7 kg/dm^3 . Den enda rimliga orsaken är att grundvattnet absorberas mellan skikten i bentoniten, det vill säga laminärt, att porvolymen mellan mineralpartiklarna minskar och att den inneslutna luften trängs ut. På detta vis ökar densiteten, men det betyder också att den ursprungliga porvolymen efter kompaktering av bufferten inte kan vara alltför liten. Det måste alltså finnas tillräckligt stor innesluten luftvolym för att densiteten ska kunna öka när bufferten vattenmätas.

Nedanstående figur 3.1 åskådliggör ett exempel på hur den kvantitativa balansen kan se ut med avseende på fördelning av luft och vatten i olika typer av porer i MX 80 bentonit (natriumbentonit) som gradvis vattenmätas (16).

Det är uppenbart att mängden vatten mellan de laminära skikten i montmorilloniten ökar, medan mängden av mesoporer (storlek 2–50 nanometer) med luft minskar. (1 nanometer motsvarar 1 miljondels millimeter). Figuren illustrerar vad som händer om bentoniten får svälla fritt, men om svällningen sker under förhållanden med begränsad volym (som i deponeringshålen) blir skillnaderna mellan olika typer av porer ännu mer accentuerade.

Figur 3.1: Figuren visar en kvantitativ fördelning mellan luft och vatten i MX 80 bentonit (natriumbentonit) som funktion av typa av porer och mättnadsgrad. Modifierad från D Pret, E. Ferrage et al. 2011; Ref. 16

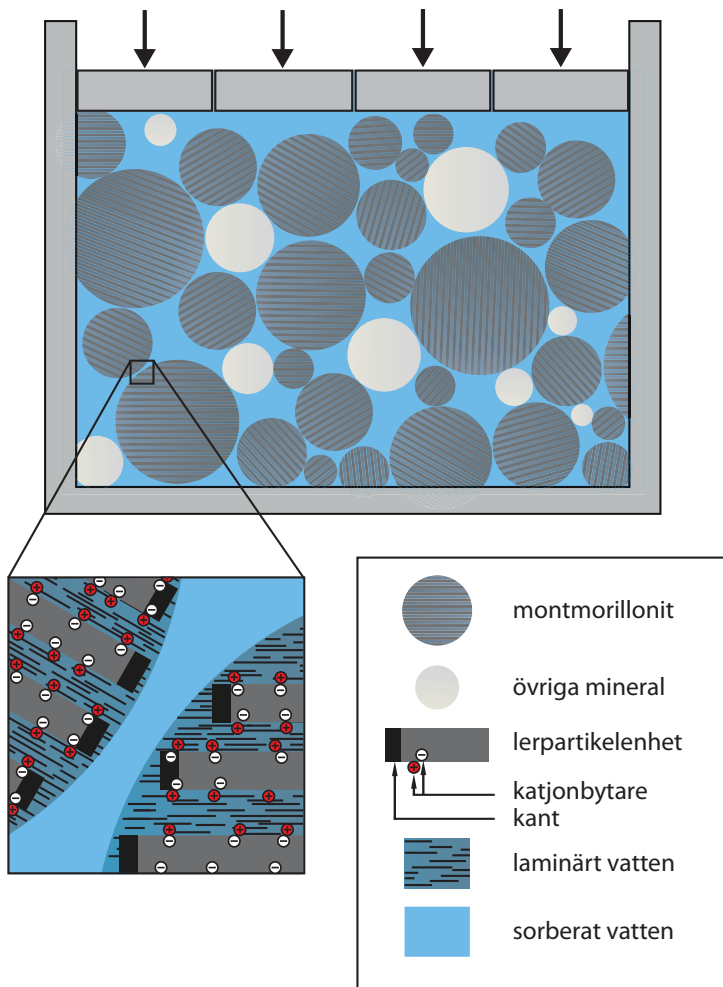


Motsvarande studie av porfördelningen i kompakterad MX-80 bentonit, som mer liknar förhållanden i slutförvaret, visar på en större andel makroporer (storlek större än 50 nanometer) mellan ansamlingar av partiklar, på bekostnad av mesoporerna som förekommer mellan partiklar i figuren ovan (se även figur 3.2 nedan). När den relativa vattenmättnaden överstiger 91 procent växer storleken på aggregaten av svällande mineral, vilket leder till att nätverken av makroporer delvis försluts utan att kollapsa helt (16). Bentonitens svällning vid vattenabsorption tycks påverka mesoporerna mellan partiklarna i mycket hög grad innan makroporerna försluts. Makroporerna bevaras alltså längre.

Kvantifiering av makroporer med hjälp av mikroskop (till exempel med synkrotronstrålning) är svårt att göra, eftersom kontrasten mellan porer och omgivande aggregat är svag. Vattnet i högkompakterad montmorillonit är nästan uteslutande lokaliserat mellan skikten eller nära ytan, och det blir därigenom uppenbart att vattentransporten genom bufferten kommer att vara starkt begränsad.

sad vinkelrätt mot skikten. Denna situation kan betraktas som buffertens idealtillstånd.

Figur 3.2: Skiss av bentonitens mikrostruktur efter kompaktering och vattenmättnad
Modiferad från Wersin, 2003; Ref. 17



Figuren åskådliggör att när bentoniten sväller och när den har densiteten 1.7 kg/dm^3 minskar mängden vatten i interpartikulära porer (det vill säga mellan partiklarna) från 38% till 5%. I stället ökar mängden vatten mellan skikten i montmorilloniten det vill säga det som i figuren kallas laminärt vatten (17).

Perioden mellan installation och vattenmättnad av bufferten omfattar en rad olika problem som härrör från sprickbildningar med tillhörande vattenflöden från väggar och golv i deponeringshålen.

Bentoniten i buffertblocken och grundvattnet som ska vattenmätta bentoniten är dessutom inte ren, utan innehåller en rad föroreningar som påverkar miljön i bufferten på olika sätt. Vissa mineral i bentoniten, till exempel pyrit (FeS_2) och siderit (FeCO_3), förbrukar syre, medan andra mineral, till exempel kalcit (CaCO_3) och gips (CaSO_4), har förhållandevis stor löslighet och kan transporteras med vattnet som rör sig mot kopparkapseln för att därefter återbildas.

Transporten ut från kapseln av uppvärmt vatten kommer delvis att ske i form av vattenånga, vilket medför andra transportvägar. Konsekvenserna av dessa processer har beskrivits i tidigare rapporter från Kärnavfallsrådet (9), (10) och ska inte upprepas här.

Grundvattnet innehåller också en hel del joner som påverkar miljön i bufferten och som måste hindras från att komma i kontakt med kapseln i alltför hög grad. De viktigaste är sulfider (till exempel HS^-) och andra så kallade svavelanjoner (till exempel HSO_4^-), klorider (Cl^-), karbonatjoner (till exempel HCO_3^-) samt natrium- (Na^+) och kalciumjoner (Ca^{2+}).

Sulfidjonerna konsumerar syre och under reducerande förhållanden kan de orsaka korrosion på kopparkapseln. Sulfatjoner är föda för vissa typer av bakterier och då produceras mer sulfidjoner som är skadliga för kopparkapseln.

Innan bufferten har mättats helt av grundvatten har alltså en mängd processer skett som har påverkat tillståndet i deponeringshålet. Detta tillstånd hos bufferten är den startpunkt som gäller för förvarets långsiktiga utveckling.

3.3.4 Processer i återfyllningen

I SKB:s Fud-program 2010 fastslås att ”de viktigaste funktionerna hos återfyllningen är att göra masstransportförmågan jämförbar med det omgivande bergets samt minimera buffertens expansion uppåt”. Detta tillstånd måste i huvudsak betraktas som återfyllningens idealtillstånd och motsvaras inte av återfyllningens egenskaper omedelbart efter förslutningen, som enligt gällande definition kan betecknas som återfyllningens initialtillstånd.

Det finns en rad skillnader när det gäller förhållanden i deponeringstunnlarna (där återfyllningen placeras) och i deponeringshålen där buffert och kapsel lokaliseras.

Deponeringshålen är borrhålen, vilket betyder att de får relativt släta väggar. De är dessutom individuellt besiktigade och godkända med avseende på sprickor med inflödande vatten innan bufferten inplaceras. Det går inte att ställa samma höga krav på deponeringstunnlarna, utan här får man acceptera vad man får.

Tunnlarna är dessutom sprängda i stället för borrhålen vilket innebär att väggar och tak är betydligt mindre jämna och risken för bergutfall är större. Man kan alltså förvänta sig att det kommer att finnas vattenförande sprickor i tak och väggar, som på ett eller annat sätt måste tätas eller minimeras (exempelvis med silica sol) för att inte återfyllningen i form av block och pellets ska erodera och spolats bort. I själva verket behöver vattenflödet hållas på en mycket låg nivå (18) för att inte åstadkomma skador på återfyllningen genom erosion, innan block och pellets har vattenmättats.

Alla delprocesser som gäller vattenmättnad av bufferten, och som behandlas ovan, gäller även för återfyllningen – med undantag för att den temperaturgradient från kapseln till berget som finns i deponeringshålen inte existerar och inverkar på samma sätt.

En komplikation i samband med återfyllningen är dock svårigheten att upprätthålla densiteten när bentoniten sväller. Deponeringstunnlarna är ju relativt stora och erbjuder inte samma begränsningar i volym som i deponeringshålen. Det betyder att vattenabsorption i bentoniten gör att denna sväller mer fritt, vilket kan leda till att konsistensen blir alltför mjuk. Detta ökar risken för erosion, och ger inte lika låga värden på diffusion av vatten och eventuella radionuklider från en skadad kapsel.

Konceptet för återfyllningen innebär att kompakterade bentonitblock ska staplas på varandra, till en mängd som kommer att motsvara ungefär 60 procent av volymen, och att bentonitpellets ska

fylla ut hålrummen närmast väggar och tak (som alltså motsvarar ungefär 40 procent av volymen). Kraven på bentoniten i återfyllningen är lägre än motsvarande krav på bufferten med avseende på innehåll av svällande mineral, montmorillonit. Den stora andelen av pellets i återfyllningen innebär att processen för vattenmättnad i återfyllningen innehåller betydligt fler osäkerhetsfaktorer än för bufferten i deponeringshålen.

Installationen av barriärer och den följande vattenmättnaden i deponeringshål och transporttunnlar kan indelas i tre olika perioder: installation, tillflöde av vatten och vattenmättnad (19). Den första perioden innehåller arbetet med att fylla tunneln med block och pellets, samt montera pluggar för att begränsa volymen och minska vattenflödet. Den andra perioden omfattar vattentillflödet till deponeringshål och tunnel till dess att installationen av bentonitpellets är vattenfylld. Den tredje perioden refererar till vattentransport till bentonitblock i deponeringshål och tunnlar, fram till dess att dessa har blivit helt vattenmättade.

Om återfyllningens initialtillstånd motsvarar tillståndet vid förslutning och idealtillståndet motsvaras av de krav som SKB har uppställt, finns många frågetecken och därmed också många forskningsfrågor kvar kring de processer som leder från det ena tillståndet till det andra.

3.4 Sammanfattning

Alla barriärer i slutförvaret (kopparkapsel, bentonitbuffert, återfyllning) kännetecknas av både ett initialtillstånd och ett idealtillstånd. Övergången från det ena tillståndet till det andra beror av en rad processer som börjar vid deponeringen och avslutas under olika tidsperioder efter förslutningen.

För kopparkapseln gäller att ytan, som är uppvärmd, reagerar med luft och vatten innan den omgivande bufferten har vattenmättats och därefter med olika komponenter i grundvattnet. Idealtillståndet innebär att bufferten är fri från syre och utövar ett jämt tryck över hela kapseln.

Bufferten innehåller vid deponeringen olika former av molekyllärt syre (O_2) i luft och vatten och är inte fullständigt vattenmättad. Idealtillståndet innebär att bufferten är homogen och har vattenmättats med en densitet inom intervallet 1,95–2,05 kg/dm³. Bufferten är tät och transport av gaser, vatten och olika former av

joner kan endast ske genom diffusion. Halten molekylärt syre är på en försumbar nivå.

Återfyllningens initialtillstånd är långt ifrån det idealtillstånd man eftersträvar. Idealtillståndet innebär att masstransportförmågan är jämförbar med det omgivande bergets och att den mekaniska stabiliteten är stor nog att motverka buffertens expansion uppåt i deponeringshålen. Förhållandena i deponeringstunnlar och schakt är av naturliga orsaker mycket sämre definierade än i deponeringshålen och det blir en stor utmaning att uppfylla de långsiktiga kraven på återfyllningen.

Referenser

1. SOU 2007:38, Tid för slutförvaring av kärnavfall – samhälle, teknik och natur. Rapport 2007:3 från Statens råd för kärnavfallsfrågor (KASAM). En fördjupning till KASAM:s rapport om kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2007.
2. SKB TR-08-05, Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase
3. SKB:s Fud-program 2010. Kap. 11.1 Teknikutveckling kapsel – Krav och förutsättningar Kap. 23 Initialtillstånd
4. SKB:s Fud-program 2010. Buffert och återfyllning 24.1 Initialtillstånd. Tabell 24-1
5. SKB TR 10-15, Design, production and initial state of the buffer
6. SKB:s Fud-program 2010. Kap. 12.1. Krav och förutsättningar
7. SOU 2011:50, Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2010
8. SKB TR 10-28, Design analysis report for the canister
9. SOU 2010:6, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2010 – utmaningar för slutförvarsprogrammet.
10. Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011 – geologin, barriärerna, alternativen (SOU 2011:14)
11. Utlåtande från Kärnavfallsrådet om kopparkorrosion 2011-05-24. Dnr. 32/2011.
12. Yeung, H. et al., (1999), "Oxide Film Formation and Oxygen Adsorption on Copper in Aqueous Media as Probed by Surface-Enhanced Raman Spectroscopy", J. Phys. Chem. B, 1999, 103(2) pp 357-365.

13. Rönngren L., et al. (1994), "Surface Reactions in Aqueous Metal Sulfide Systems. 5. The Complexation of Sulfide Ions at the ZnS-H₂O and PbS-H₂O interfaces". *Journal of Colloid and Interface Science*, 162 (1), pp 227-235).
14. Holmboe, M., (2011), "The Bentonite Barrier: Microstructural properties and the influence of γ -radiation", KTH 2011.
15. SKB TR-01-05, The REX project; O₂ depletion in granitic media, Puigdomenech I. et al.
16. Pret, D., Ferrage, E. et al., (2011) « X-ray Tomography and Impregnation methods to Analyze Pore Space Heterogeneities at the Hydrated State », NEA Clay Club Meeting 2011 Proceedings.

17. Wersin, P. (2003), "Geochemical modeling of bentonite pore-water in high-level waste repositories", Journal of contaminant hydrology volume 61.
18. SKB R-09-29, Effects of water inflow on the buffer – an experimental study.
19. SKB R-10-70, Early effects of water inflow into a deposition hole. Laboratory test results.

4 Från Chalk River till Fukushima – olyckor som påverkat kärnkraftslagstiftningen

Lagstiftningen i kärnkraftsländerna har ofta påverkats av olyckor och andra incidenter i kärnkraftsreaktorer. Dessutom har säkerhetsarbetet vid anläggningarna utvecklats till följd av de lärdomar olyckorna bidragit till.

De tidigare händelser som satt särskilda spår är olyckorna i Chalk River i Kanada och Windscale (Sellafield) i England på 1950-talet, som resulterade i en ny svensk lag om skyddsåtgärder (Atomolyckslagen), olyckan på Three Mile Island i USA på 1970-talet som ledde till den svenska folkomröstningen om kärnkraft, samt Tjernobylolyckan i Ukraina på 1980-talet som gav upphov till flera internationella samarbetsinitiativ och konventioner.

2011 kom så den japanska kärnkraftsolyckan i Fukushima Dai-ichi att påverka energipolitiken i Italien, Schweiz och Tyskland. Efter olyckan beslöt kärnkraftsländerna, på initiativ av EU:s ministerråd, att genomföra så kallade stresstester i sina kärnkraftreaktorer för att analysera reaktorernas säkerhet vid haveri.

I detta kapitel redovisas kortfattat de tidigare olyckorna i Kanada, England, USA och Ukraina, och den påverkan de haft på kärnkraftslagstiftningen, framför allt i Sverige. Därefter ger vi en översiktlig beskrivning av kärnreaktorhaveriet i Fukushima och den påverkan som olyckan har haft på energipolitiken i Italien, Schweiz och Tyskland.

4.1.1 Översikt över olyckor i kärnkraftverk

4.1.2 1950-talet: Chalk River och Windscale

Chalk River i Kanada var platsen för två reaktorolyckor på 1950-talet. Den första inträffade 1952, då ett strömavbrott och en partiell förlust av kylvätska i reaktorn ledde till betydande härdskadorna. Bränslestavarna överhettades, vilket resulterade i en härdsmalta, och stora mängder radioaktivt vatten dumpades i diken nära Ottawafloeden. Den andra inträffade år 1958 då en brand uppstod i reaktorbyggnaden. Ventilerna i ventilationssystemet öppnades och ett stort område utanför byggnaden kontaminerades. Båda olyckorna krävde en stor saneringsinsats med såväl civil och militär personal involverade.

I Windscale, eller Sellafield, en stor kärnteknisk anläggning i Cumbria, England, inträffade den 10 oktober 1957 en brand i en reaktor. Vid branden frigjordes stora mängder radioaktiva ämnen som kontaminerade omgivningen, bland annat jod-131 (som kan leda till cancer i sköldkörteln).

Reaktorolyckorna i Chalk River och Windscale föranledde att lagen (1960:331) om skyddsåtgärder vid olyckor i atomanläggningar (Atomolyckslagen) antogs i Sverige den 3 juni 1960 (1).

Lagen kan betecknas som en beredskapsplaneringslag där ansvaret för skyddsinsatserna utanför anläggningen vid en reaktorkatastrof lades på länsstyrelsen i det berörda länet. Lagen ersattes 1987 av räddningstjänstlagen som i sin tur ersattes 2004 av lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

4.1.3 1970-talet: Three Mile Island

Olyckan den 28 mars 1979 i Three Mile Island-anläggningen nära Harrisburg i Pennsylvania, USA, ledde till en härdsmalta i en tryckvattenreaktor. Radioaktiva gaser samt jod-131 släpptes ut. Det tog drygt fem år att rensa upp efter olyckan, och olyckan gav upphov till debatt i många länder kring kärnkraftens säkerhet.

I haveriundersökningen konstaterades det att olyckan föranletts av en rad felgrepp av personalen i samband med ett pågående underhållsarbete i reaktorn. Frågan om betydelsen av operatörernas processkänedom och säkerhetstänkande samt operatörsträning kom därför att uppmärksammas särskilt. Olyckan medförde också ett ökat intresse för säkerhetsanalyser.

För Sveriges del resulterade denna olycka i att Sverige beslutade folkomrösta om kärnkraften 1980. Folkomröstningsfrågorna bestod av tre formuleringar om avveckling av kärnkraften i olika takt.

Den så kallade linje 2 i folkomröstningen fick 39,1 procent av rösterna. Folkomröstningsfrågan hade följande lydelse:

Kärnkraften avvecklas i den takt som är möjlig med hänsyn till behovet av elektrisk kraft för upprätthållande av sysselsättning och välfärd. För att bl.a. minska oljeberoendet och i avvaktan på att förnybara energikällor blir tillgängliga används högst de 12 kärnkraftsreaktorer som i dag är i drift, färdiga eller under arbete. Ingen ytterligare kärnkraftsutbyggnad skall förekomma. Säkerhetssynpunkter blir avgörande för den ordning i vilken reaktorerna tas ur drift.

En baksidestext på röstsedeln löd:

Samhället skall ha ett huvudansvar för produktionen och distributionen av elektrisk kraft. Kärnkraftverk och andra framtida anläggningar för produktion av elektrisk kraft av betydelse skall ägas av stat och kommun. Övervinster i vattenkraftproduktionen indrages genom beskattning.

Linje 1 hade samma huvudtext som linje 2, men saknade baksidestext. Denna fick 18,9 procent av rösterna. Linje 3 formulerade ett nej till fortsatt utbyggnad av kärnkraften, och de kärnkraftsreaktorer som var i drift skulle avvecklas inom högst tio år. Denna fick 38,7 procent av rösterna.

Efter det att folkomröstningen hade hållits förelades riksdagen en ny proposition om vissa energifrågor (2). Riksdagens beslut (3) innebar ett uttalande om att ingen ytterligare kärnkraftsutbyggnad skulle förekomma utöver de tolv reaktorer som var i drift, färdiga eller under byggnad. Vidare skulle, enligt riksdagens uttalande, kärnkraften avvecklas i den takt som var möjlig med hänsyn till behovet av elektrisk kraft för att upprätthålla sysselsättning och välfärd, samt att säkerhetssynpunkter skulle vara avgörande för i vilken ordningsföljd reaktorerna ska tas ur drift. I propositionen bedömdes reaktorernas tekniska livslängd vara 25 år. Riksdagen uttalade sig därför att den sista reaktorn i Sverige skulle stängas senast år 2010. Slutligen uttalade riksdagen att bestämmelser angående antalet reaktorer och avvecklingsperiodens längd torde böra införas i lagstiftningen på kärnkraftsområdet.

I förarbetena till kärntekniklagen framhöll regeringen emellertid att en lagreglering av antalet reaktorer var obehövlig samt att en

reglering av avvecklingsperiodens längd borde anstå tills alla frågor som borde regleras vid en avveckling fanns klarlagdaⁱ.

Även säkerhetsarbetet påverkades, för tillsynsmyndigheten Statens Kärnkraftinspektion (dåvarande SKI) liksom för kärnkraftverken. SKI lade stor vikt vid erfarenhetsåterföringen i sitt tillsynsarbete. Särskilt eftersträvades en stark koppling mellan anläggningsanknutna sannolikhetsbaserade säkerhetsanalyser, tillbudsrapportering, tillbudsanalys och erfarenhetsåterföring.

Med utgångspunkt i den ökade erfarenheten från drift av kärnkraftreaktorer framhöll regeringen att tillsynsmyndigheten, SKI, borde upprätta ett program som skulle syfta till att varje svenskt kärnkraftblock under sin tekniska livslängd om möjligt skulle genomgå minst tre fullständiga säkerhetsgranskningar. En sådan granskning borde ske vart åttonde till tionde år. Den utförda granskningen skulle också redovisas för regeringen, som kunde ge ”behövliga föreskrifter”ⁱⁱ.

Efter olyckan i Three Mile Island byggde man i alla svenska reaktorer in system som bland annat innehåller tryckavlastning och filter för reducering av utsläppen i samband med svåra härdolyckor. Barsebäckverket var först med sin filteranläggning, Filtra, som stod färdig 1983.

I propositionen till kärntekniklagen som trädde i kraft den 1 januari 1984 (4) uppmärksammades vidare de frågor som särskilt framhållits i samband med haveriundersökningen efter Three Mile Island, nämligen sambandet mellan människa, teknik och organisation (de så kallade MTO-frågorna)ⁱⁱⁱ.

4.1.4 1980-talet, Tjernobyli

Tjernobylyolyckan inträffade den 26 april 1986 i kärnkraftverket Tjernobyli norr om Kiev i Ukraina.

Natten mellan den 25 och 26 april 1986 skulle reaktorn vid Tjernobyli block 4 stängas av för rutinmässigt underhåll. Samtidigt ville man göra en säkerhetskontroll – man ville testa om rotationsenergin i kraftverkets egna turbiner skulle räcka för att förse kylvattenpumparna med energi om det blev avbrott i den yttre elleveransen till anläggningen samtidigt som det inträffade en olycka.

ⁱ Se prop 1983/84:60, s. 59, se även prop 1986/87:24, s. 4.

ⁱⁱ Se prop. 1980/81:90, Bilaga I, Industridepartementet, s. 313.

ⁱⁱⁱ Se prop. 1983/84:60, s 38 o 82.

För att kunna genomföra experimentet behövde effekten hos reaktorn minskas till 25 procent. Operatörerna fick order om att reglera reaktorn manuellt. För att kunna göra det, kopplade man, i strid mot säkerhetsföreskrifterna, ur det automatiska säkerhetssystemet. Styrstavarna drogs ut otillåtet mycket. Kylvattnet minskades och inom loppet av bara 35 sekunder skedde en kraftig effektökning hos reaktorn. Eftersom det automatiska nödstoppet var urkopplat började reaktorn skena. Operatörerna försökte minska effekten genom att skjuta in styrstavarna igen, men reaktorn var då så varm att styrstavarna smälte och fastnade. Den skenande reaktorn gick i det läget på ungefär 100 gånger sin fulla effekt. Kärnbränslet förångades till stor del och grafitmoderatorn fattade eld.

Klockan 00.24 svensk tid den 26 april 1986 sprängdes reaktorn. Taket och andra delar av reaktorbyggnaden raserades eller blåste bort. Radioaktiva ämnen, främst cesium (Cs-137) och jod (I-131), frigjordes och spreds över stora delar av Europa.

En av orsakerna till olyckan var att den speciella typ av kärnreaktor (RBMK, Reaktor Bolsjoj Mosjnosti Kanalnyj) som drabbades har en inbyggd instabilitet genom en positiv så kallad voidkoefficient. Om temperaturen ökar i reaktorn tenderar därför reaktoreffekten att öka. I och med att reaktorn inte var försedd med någon trycktät inneslutningsbyggnad kunde utsläppet av radioaktiva ämnen inte förhindras.

Tjernobyl-katastrofen klassas som en 7-olycka på INES (The International Nuclear-Event Scale) sjugradiga skala. Som en följd av olyckan togs flera initiativ för att stärka det internationella samarbetet inom kärnsäkerhetsområdet.

Inom ramen för IAEA utarbetades *Konventionen om tidig varning vid kärnenergiolycka (Early Notification Convention)* från 1987 (5). Konventionen innehåller krav på rapportering vid kärntekniska eller radiologiska olyckor av sådan omfattning att gränsöverskridande utsläpp kan bli, eller har blivit, följden. En annan konvention som utarbetades inom ramen för samarbetet i IAEA är *Konventionen om bistånd vid kärnenergiolycka eller radiologisk nödsituation (Assistance Convention)* från 1987. Den innehåller ett ramverk för samarbete mellan fördragslutande parter och IAEA för att underlätta assistans och stöd utan dröjsmål.

Inom EU har Sverige, liksom andra medlemsländer, en skyldighet att hålla beredskap i händelse av en kärnenergiolycka för varning och informationsutbyte med övriga medlemsstater inom unionen. Detta informationsutbyte samordnas genom EU-kom-

missionen. För tillämpningen har Euratom utarbetat en manual som innehåller preciseringar och detaljinformation om hur konventionerna i praktiken bör tillämpas^{iv}.

Förutom de båda internationella konventionerna har Sverige slutit bilaterala avtal om varning och informationsutbyte med de nordiska länderna, Tyskland, Ryssland och Ukraina.

4.1.5 2011, Fukushima Dai-ichi (6),(7)

Kärnkraftsanläggningen Fukushima Dai-ichi ligger på Japans östkust och består av 6 kokvattenreaktorer. Den 11 mars 2011 var reaktorerna 1, 2 och 3 i normal drift medan reaktorerna 4, 5 och 6 var avställda för revision. Allt kärnbränsle i reaktor 4 var flyttad till bränslebassängen i reaktorbyggnaden.

Klockan 14.46 denna dag drabbades Japan av en kraftig jordbävning av magnituden 9.0 på Richterskalan. Cirka 40 minuter efter jordbävningen rullade cirka 10 meter höga Tsunamivågor in över Japans nordvästra kust och ödelade stora områden med städer och byar. Förstörelsen blev enorm och antalet döda uppskattas till 15749 samt 3962 saknade. Under dessa kaotiska omständigheter inträffade Kärnkraftshaveriet i Fukushima Dai-ichi.

Först orsakade själva jordbävningen att den externa strömförsörjningen till kärnkraftsanläggningen i Fukushima Dai-ichi bröts, varvid de reaktorer som var i drift nödstoppades, samtidigt som de dieseldrivna generatorerna startades i alla sex reaktorerna.

Klockan 15.42 drabbades så Fukushima av en 14 meter hög tsunamivåg. Vågen slog över den nästan sex meter höga vall som byggts som skydd mot Tsunamivågor, varvid kärnkraftsanläggningen delvis sattes under vatten. Samtliga reservdieslaggregat slogs ut, utom i reaktor sex. Vidare förstördes alla havsvattenpumpar som skulle förse reaktorerna med kylvatten, vilket medförde att kylningen av reaktorhårdarna upphörde, temperaturen steg i reaktorerna och vatten började koka bort.

Räddningsarbetet ägde rum under extremt svåra förhållanden, utan el, med bristfällig utrustning för att mäta stråldoser och bristande kommunikation. Arbetet inriktades först på att förhindra

^{iv} Euratom har av juridisk formella skäl sent anslutit sig till båda konventionerna även om gemenskapen tidigt haft en samordnande roll i sammanhanget. Instrumentet för Euratoms anslutning till dessa två konventioner deponerades hos IAEA den 14 november 2006 och trädde i kraft den 14 december 2006. Se Kommissionens beslut 2005/844/Euratom och 2005/845/Euratom.

explosioner i reaktorerna på grund av det höga tryck som började bildas, samt att ordna nödkylning så att reaktorhårdarna kunde hållas kylda. Ytterligare explosionsrisk fanns också på grund av att vätgas kan bildas då en reaktorhård börjar friläggas. Klockan 17 hade delar av reaktorhärden i reaktor 1 frilagts.

Under dagarna efter den 11 mars inträffade explosioner i reaktorerna 1, 3 samt även i reaktor 4, den senare troligen beroende på att vätgas som bildats i en näraliggande reaktor läckt över till reaktor 4. Härdsmlta inträffade i reaktorerna 1, 2 och 3 och reaktor 4 fick stora skador på kärnbränslebassängen.

Faktaruta 4.1: Evakuering

Här följer en sammanfattning av beslut och rekommendationer om evakuering fram till den 22 april.

- *11 mars*: rekommendationer att utrymma en zon med en radie på två kilometer runt kärnkraftsanläggningen utfärdas på kvällen. En halvtimme senare utökades radien till tre kilometer och inomhusvistelse rekommenderades för boende på ett avstånd mellan tre och 10 kilometer från kärnkraftsverket.
- *12 mars*: utrymning ut till 10 kilometer från kärnkraftsverket rekommenderades tidigt på morgonen och vid middagstid utökades det till 20 kilometer.
- *15 mars*: inomhusvistelse rekommenderades för boende inom ett avstånd på 20 till 30 kilometer från verket.
- *25 mars*: frivillig utrymning rekommenderades i en radie på mellan 20 och 30 kilometer från verket.
- *22 april*: förbud infördes att vistas inom en radie av 20 kilometer från verket, samtidigt som rekommendationerna vad gällde och inomhusvistelse mellan 20 och 30 kilometer från verket togs bort. I samband med detta infördes också ytterligare en ny zon "Evacuation Prepared Area" som ersatte inomhusvistelse/frivillig evakuering mellan 20-30 km.

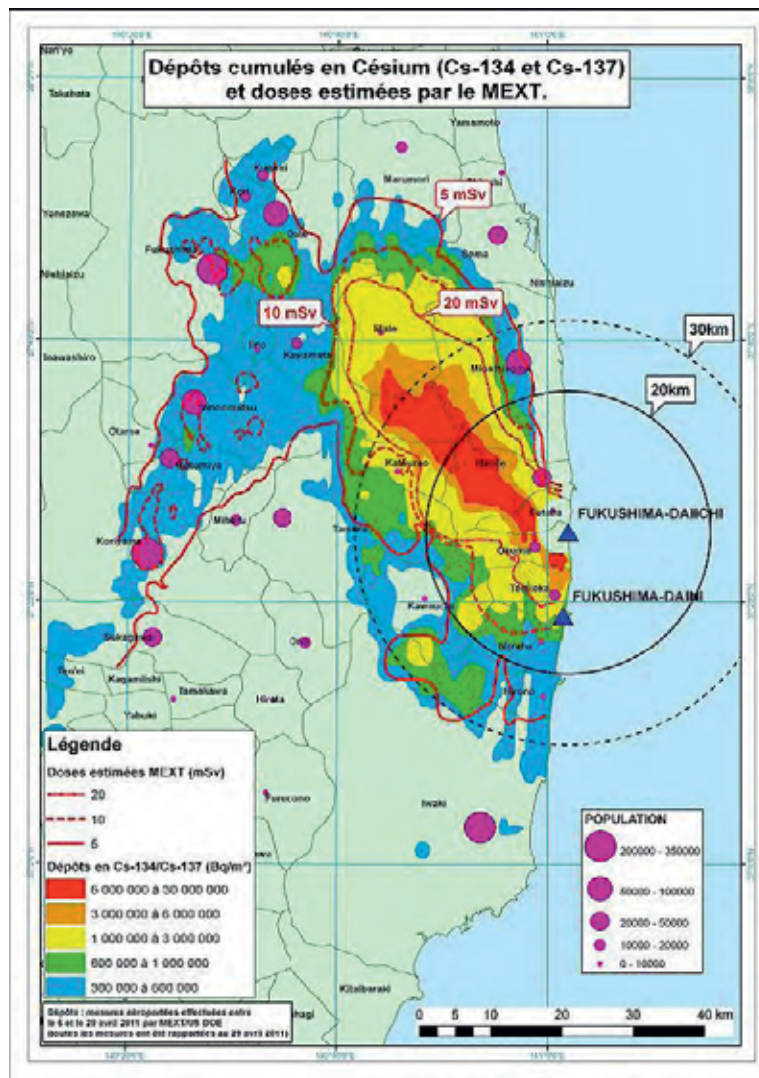
Utsläpp

Under perioden 12-15 mars skedde omfattande luftutsläpp av jod 131, cesium 137 och cesium 134. De största utsläppen skedde troligen i samband med explosioner som inträffade den 15 mars, och totalt beräknas utsläppen ha motsvarat 10-19 procent av den radioaktivitet som släpptes ut i samband med kärnkraftshaveriet i Tjernobyl.

Initialt underskattades omfattningen av utsläpp då ett antal mätstationer i denna del av Japan inte fungerade på grund av elavbrott. Ett skäl till detta var att befintliga mätstationer slagits ut. Ett annat skäl kan vara att tillgänglig personal delvis var upptagen med räddningsarbete efter jordbävningen och tsunamin. Ett tredje skäl var att den lokala ledningscentralen inte kunde användas då den låg inom det område som evakuerats och omlokaliseringen till Fukushima City var svår under rådande omständigheter.

Omfattande flygmätningar har dock gett god kunskap vad gäller markbeläggning, och områden med mycket hög radioaktivitet har lokaliserats. (Detta framgår av figur 4.1. I denna figur visas även zoner för beräknad årlig dos. I områden med högst beläggning (röda) överstiger uppskattad årsdos 100 millisievert (mSv), att jämföras med 1 - 4 mSv, vilket är den normala årsdosen från naturlig bakgrundsstrålning i Sverige.

Figur 4.1. Karta som visar markbeläggning av cesium 137 och 134 (MBq/m²) och den beräknade årsdosen för första året (mSv) (5)



Läckage och avsiktliga utsläpp har skapat omfattande utsläpp till havet. Från 4 till 10 april gjordes avsiktliga utsläpp av lågaktivt vatten för att skapa plats för högaktivt vatten. Genom den stora spädningseffekten har aktiviteten snabbt minskat i havet utanför Fukushima, men förhöjd radioaktivitet i botten sediment i kustnära områden kan kvarstå under lång tid.

Människors exponering för radioaktivitet

Eftersom det under den första tiden efter olyckan rådde brist på dosimetrar, vet man inte exakt hur stora doser räddningspersonalen utsattes för. Beräkningar under mars månad ger dock vid handen att 6 personer exponerats för mer än 250 mSv (den hösta dosen uppgick till 670 mSv). Den 14 mars ökades dosgränsen (effektiv dos) för personal som deltog i räddningsarbetet från 100 till 250 mSv. 16 personer befann sig i intervallet 150-250 mSv, 384 i intervallet 50-150 mSv, 847 i intervallet 20-50 mSv och 947 i intervallet 10-20 mSv. Under april månad sjönk exponeringen, och tre personer rapporteras ha fått doser i intervallet 50-150 mSv medan 86 respektive 310 personer befann sig i dosintervallen 20-50 och 10-20.

Allmänhetens exponering kartläggs genom enkäter och kan även omfatta helkroppsmätningar och andra analyser. Denna kartläggning omfattar samtliga två miljoner invånare i distriktet Fukushima (prefekturen).

Stora nationella resurser har avsatts för dosrekonstruktion, hälsoundersökningar och långtidsuppföljning, och samarbeten med olika internationella organisationer har initierats. Detta arbete har stor potential vad gäller möjligheter att tillföra långsiktig kunskap vad gäller hälsoeffekter av låga doser och dosrater.

Sanering

Sanering har startats och mål definierats som kommer att innebära mycket stora utmaningar, såväl tekniskt som resursmässigt. Översiktligt kan dessa sammanfattas så att i områden med dosrater högre än 20 mSv/år ska målet var att minska dosraten till lägre än 20 mSv. I dosområden där dosraten är lägre än 20 mSv ska målet vara att komma så nära 1 mSv som möjligt och ett tydligt uttalat mål är att prioritera områden där barn vistas. De stora områden som har dosrater över 20 mSv per år (figur 4.1) kan ge en förståelse för de utmaningar som ryms i de målsättningar som anges ovan.

Läget i december 2011

Av Japans 54 kärnkraftsreaktorer är sex i drift. Samtliga sex reaktorer i Fukushima Dai-ichi är stängda på grund av skador orsakade av tsunamin. I kärnkraftsanläggningen Fukushima Daini strax söder om Fukushima Dai-ichi är samtliga 4 reaktorer avstängda, även detta som en konsekvens av tsunamin. Pågående inspektioner och stresstester gör att 31 kärnkraftverk inte producerar el, medan två reaktorer är avstängda av andra skäl.

Det aktuella läget för de tre skadade reaktorerna i Fukushima Dai-ichi kan sammanfattas så att reaktorerna nu har en temperatur under 100 grader och att man har ett fungerande system för rening av kylvatten. I detta läge bedöms risken för fortsatta utsläpp ha minskat, vilket också har lett till lättnader vad gäller beredskap för evakuering. Skadornas omfattning i reaktorerna 1-3 är inte kända, medan skadorna på bränslebassängen i reaktor 4 beskrivs som måttliga.

Olyckan i Fukushima hade en påtaglig inverkan på utformningen av energipolitiken i Italien, Tyskland, och Schweiz. I övriga kärnkraftsländer analyserades gränserna för kärnkraftreaktorernas säkerhet genom så kallade stresstester. Dessa genomfördes samordnat inom EU och genom FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA, se nedan.

4.2 Ändring i nationell lagstiftning som följd av olyckan i Fukushima-Dai

4.2.1 Italien – folkomröstning avvisade kärnkraft

Italien var ett av de första länderna som satsade på att utveckla kärnenergitekniken för elproduktion. Landet har tidigare haft fyra kärnkraftsreaktorer i drift; de två äldsta reaktorerna stängdes 1987 respektive 1982, och efter en folkomröstning 1987 (som följde på olyckan i Tjernobyl) stängdes de två kvarvarande reaktorerna i juli 1990. Vid folkomröstningen 1987 beslutade det italienska parlamentet att inte tillåta kärnkraft.

År 2004 antogs dock en ny energilag som gjorde det möjligt för italienska bolag att i förening med utländska kärnkraftbolag importera el från kärnkraftsreaktorer. Nästa steg mot en mer kärnkraftsvänlig politik var att den italienska regeringen i maj 2008

deklarerade att det inom fem år skulle vara möjligt att bygga nya kärnkraftsreaktorer i Italien för att minska landets stora beroende av olja, gas och importerad kraft. Regeringen arbetade för att påskynda en utveckling mot ny kärnkraft, med målet att en fjärdedel av landets elförsörjning skulle komma från kärnkraft senast år 2030.

I januari 2011 förklarade den italienska författningsdomstolen att Italien skulle kunna hålla en folkomröstning om det planerade återinförandet av kärnkraft i landet. Folkomröstningen hölls den 13 juni 2011, tre månader efter Fukushima. Resultatet av folkomröstningen var att Italien avvisade alla förslag till att införa ny kärnkraft i Italien.

4.2.2 Schweiz – ny kärnkraftspolitik

Schweiz har 5 kärnkraftsreaktorer i drift^v, med drifttillstånd som är obegränsade i tiden. De fem kärnkraftverken har en total kapacitet på 3,2 GW och den genomsnittliga årliga andelen kärnenergi för produktion av el i Schweiz är 39 procent (upp till 45 procent på vintern), vilket ligger över det europeiska genomsnittet på 33 procent.

I mars 2011 var två nya kärnkraftsreaktorer planerade, och hade fått de tillstånd som var nödvändiga för att påbörjas. Ytterligare tre andra reaktorer i Verbois, Inwil and Rüthi var också på planeringsstadiet.

Händelserna vid Fukushima den 11 mars 2011 ledde dock till en omsvängning av kärnkraftspolitiken i Schweiz. Tre dagar efter Fukushima beslutade det schweiziska federala rådet att avsluta prövningen av de planerade reaktorerna. Den 23 mars 2011 uppdrogs åt det federala miljödepartementet, DETEC^{vi}, att utarbeta ett förslag till en reviderad energipolitik. Den 25 maj 2011 beslutade Förbundsrådet^{vii}, som ett resultat av utredningen, att existerande kärnkraftsreaktorer skulle avvecklas i slutet av sin operativa livslängd och inte ersättas av några nya^{viii}. Beslutet innebär i praktiken att den sista reaktorn i Schweiz ska fasa ut år 2034 om man utgår ifrån en operativ livslängd på 50 år.

^v Uppgifter enligt Swiss Federal Office of Energy

^{vi} The Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications.

^{vii} The Federal Council.

^{viii} Uppgifter enligt the Swiss Federal Office of Energy.

4.2.3 Tyskland – fluktuerande opinion vände igen

Omedelbart efter olyckan i kärnkraftsanläggningen Fukushima Dai-ichi beslutade den kristdemokratiska/liberala regeringen om ett tre månaders moratorium för kärnkraften. Kärnsäkerhetskontroller skulle genomföras och kärnkraftspolitiken omprövas.

Den 6 juni 2011 beslutade den tyska regeringen att se över den tidigare överenskomna avvecklingsplanen för kärnkraften, och i slutet av juni beslöt parlamentet att godkänna en ändring av atomlagen som innebär att alla kärnkraftreaktorer ska vara stängda till 2022. Beslutet togs med röstsiffrorna 513 mot 79, och lagändringen trädde i kraft den 31 juli 2011.

Rätten att driva reaktorer för produktion av el upphör senast det datum som anges i 7 § atomlagen:

- 6:e augusti 2011 för Biblis A, Neckarwestheim 1, Biblis B, Brunsbüttel, Isar 1, Nedre Weser, Philippsburg 1 och Krümmel
- 31 december 2015 för Grafenrheinfeld
- 31 december 2017 för Gundremmingen B
- 31 december 2019 för Philippsburg 2
- 31 december 2021 för Grohnde, Gundremmingen C och Brokdorf
- 31 december 2022 för Isar 2, Emsland och Neckarwestheim 2.

Reaktorerna som anges under första punkten kan alltså redan betraktas som permanent stängda, och kan inte kopplas till nätet igen.

Den beslutade tyska avvecklingen kan ses mot en bakgrund av en fluktuerande tysk opinion över fyra decennier.

Faktaruta 4.2: Den administrativa strukturen i Tyskland

Allmänt om den administrativa strukturen

Förbundsrepubliken Tyskland består av 16 delstater (Länder) med betydande självstyre. Ansvaret för kärnsäkerhet och strålskydd är uppdelat mellan delstaternas regeringar och förbundsregeringen enligt allmänna principer i den tyska grundlagen.

I stort är uppdelningen den att förbundsregeringen genom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) svarar för den federativa lagstiftningen medan delstatsministerier svarar för tillståndsgivning och tillsyn.

Federala expertorgan

BMU övervakar att delstaterna agerar i enlighet med regelverket. BMU har sålunda befogenhet att ge delstatsregeringarna vägledning och i vissa fall bindande direktiv i syfte att uppnå en enhetlig tillämpning av regelverket.

Både i utvecklingen av regelverket och i sin övervakande och rådgivande funktion mot delstaterna utnyttjar BMU två federala expertorgan: GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit) och BfS (Bundesamt für Strahlenschutz).

GRS är i princip ett konsultföretag med särskild ställning som oberoende granskare och rådgivare. GRS ägs huvudsakligen av förbundsregeringen och av tyska kontroll- och provningsorgan (regionala Technische Überwachungsvereine, TÜV, samt Germanische Lloyd). Uppdragsgivare är huvudsakligen olika federala och delstatliga organ samt Europeiska kommissionen.

BfS är den federala strålskyddsmyndigheten. Förutom sin roll som expertorgan för alla typer av strålskydd har BfS till uppgift att få till stånd federalt slutförvar för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall – i egen regi eller på entreprenad.

Tillsyn av säkerhet och strålskydd

Tillsyn av både säkerhet och strålskydd utövas av berört delstatsministerium i egenskap av tillsynsmyndighet enligt atomlagen.

Delstatsministeriet anlitar olika expertorgan, såväl de nedan nämnda federala som regionala (till exempel regionala Technische Überwachungsvereine, TÜV). Dessa expertorgan kan anlitas både för inspektioner på anläggningarna och för granskning av olika rapporter och säkerhetsredovisningar. Delstatsministeriet är dock inte bundet att följa expertutlåtandena.

Påföljder vid avvikelser

Delstatsministeriet har befogenhet att ge tillståndshavarna förelägganden med anledning av avvikelser från regelverk och tillståndsvillkor som framkommit vid granskningar och inspektioner. Häri ingår befogenhet att stoppa driften om så är motiverat av säkerhetsskäl.

BMU övervakar att delstatsministeriernas tillsynsbeslut överensstämmer med det federala regelverket. Vid avvikelser kan BMU återförvisa ärendet till delstaten för omprövning.

Överträdelser av regelverk och tillståndsvillkor kan leda till att den ansvariga personen ådöms så kallade administrativa böter på upp till motsvarande 50 000 euro, och till att personen inte kan inneha en befattning med särskilt säkerhets- eller strålskyddsansvar.

Mycket allvarliga brott kan leda till åtal enligt brottsbalken och medföra fängelse.

Ända sedan 1949 har regeringsmakten i Västtyskland/Tyskland legat hos socialdemokraterna eller kristdemokraterna (och ibland hos bägge i koalition). Hos båda partierna var stödet för kärnkraft till en början starkt, inte minst efter energikrisen 1974, då OPEC mer än fyradubblade oljepriset.

Redan under 1970-talet började dock kärnkraftsmotståndet växa i Tyskland, och 1980 grundades miljöpartiet De Gröna med kärnkraftsmotstånd som en av grundarfrågorna. Efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyl, backade socialdemokraterna från sitt tidigare stöd för kärnkraften, och i augusti 1986 antog det socialdemokratiska partiet en resolution om att överge kärnkraften inom tio år. 1998 bildade det tyska socialdemokratiska partiet koalitionsregering med de gröna, och denna regering beslutade att påbörja en avveckling av kärnkraften. Detta kunde dock inte ske utan ändring i lagstiftningen, eftersom tillstånden för kärnkraftsreaktorerna (som var obegränsade i tiden) hade ett starkt lagligt stöd.

Utdragna så kallade "konsensusamtal" påbörjades med ägarna till kärnkraftreaktorerna, samtal som syftade till att fastställa en tidsplan för utfasningen av kärnkraften. Regeringen hotade med vissa inskränkningar av tillstånden utan ersättning om ingen överenskommelse nåddes.

År 2000 nåddes en kompromiss mellan den rödgröna koalitionsregeringen och de fyra största energibolagen. Avtalet innebar ett

absolut ”tak” för den elektricitet som kärnkraften skulle få producera, vilket motsvarade en genomsnittlig livslängd på 32 år.

I juni 2001 trädde kompromissavtalet i kraft. Avtalet innebar att företagen åtog sig att begränsa drifttiden för kärnkraftsreaktorerna, samtidigt som staten åtog sig att respektera de rättigheter tillståndshavarna hade att driva de befintliga reaktorerna, samt att garantera att driften av reaktorerna liksom hanteringen av avfallet skulle skyddas från alla ”politiskt motiverade inblandningar”.

Eftersom kärnkraften har svarat för cirka en fjärdedel av Tysklands elproduktion, ledde kompromissavtalet till en omfattande debatt huruvida Tyskland skulle kunna klara sina klimatåtaganden, särskilt när det gäller minskningen av koldioxid. (Kol har svarat för cirka två tredjedelar av produktionen, gas för 13 procent och vindkraft för sex procent.)

2009 valdes en ny koalitionsregering, bestående av kristdemokraterna (CDU) och liberaldemokraterna (FDP). Denna beslöt att upphäva den gällande utfasningspolitiken och påbörjade nya förhandlingar med kraftbolagen.

I september 2010 nåddes ett nytt avtal mellan regeringen och kraftbolagen som innebar att tillstånden att driva kärnkraftreaktorerna förlängdes med 8 år för reaktorer byggda före 1980 och med 14 år för reaktorer byggda senare. I slutet av oktober 2010 beslutade det tyska parlamentet om ändringar i atomlagen som bekräftade den nya överenskommelsen mellan regeringen och kraftbolagen.

Efter Fukushima ökade den inhemska opinionen mot kärnkraft, och åtta månader efter att förlängningsavtalet med industrin hade fastställts i atomlagen, beslöt parlamentet att avveckla den tyska kärnkraften inom 12 år.

Om den tyska lagstiftningen

Allmänt

Den grundläggande lagen är Atomlagen (Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)). Den kompletteras av olika förordningar, utgivna av BMU, bland annat en strålskyddsförordning och olika förordningar rörande tillståndsprövning.

Av den inledande paragrafen framgår att syftet med lagen är att

1. fasa ut användningen av kärnenergi för kommersiell elproduktion på ett kontrollerat sätt, och att säkerställa kontinuerlig drift fram till dagen för utfasningen.
2. skydda liv, hälsa och egendom mot riskerna med kärnkraften och de skadliga effekterna av joniserande strålning samt att ge ersättning för skador orsakade av kärnkraft eller joniserande strålning.
3. förhindra fara för den inre eller yttre säkerheten i Förbundsrepubliken Tyskland från tillämpningen eller utsläpp av kärnkraft eller joniserande strålning.
4. uppfylla Förbundsrepubliken Tysklands internationella skyldigheter i fråga om kärnenergi och strålskydd.

Atomlagen ställer krav på återkommande säkerhetsgranskning vart tionde år mot bakgrund av aktuellt kunskapsläge inom vetenskap och teknik.

De grundläggande säkerhetskraven för kärnteknisk verksamhet beskrivs dels i de riktlinjer som utges av en rådgivande reaktorsäkerhetskommission (RSK), dels i de mer detaljerade standarder som ges ut av en kärnteknisk kommitté (Kerntechnischer Ausschuss – KTA). Båda dessa rådgivande organ är knutna till BMU, liksom en rådgivande strålskyddskommission (SSK). Dessa riktlinjer och standarder är inte juridiskt bindande, men i praktiken normerande för tillståndsprövning och tillsyn.

Prövning av tillstånd

Principitillstånd att uppföra och driva en kärnteknisk anläggning beslutas av berörd delstatsregering efter en omfattande och öppen prövnings- och samrådsprocess i flera steg, där bland annat BMU och de ovan nämnda federala kommittéerna, samt olika federala expertorgan (se nedan) deltar. Processen innefattar också prövning enligt andra lagar, såsom miljölag.

De följande, detaljerade, tillstånden för olika steg i uppförandet och för driften av en kärnteknisk anläggning ges också på delstatsnivå av behörigt delstatsministerium.

Tillstånd krävs för uppförande, innehav, drift eller ändring av en fast anläggning för produktion, anrikning, bearbetning eller fission av kärnbränsle eller för upparbetning av bestrålat kärnbränsle (7 § Atomlagen), samt för mellanlagring av kärnbränsle i en anläggning som inte är statlig (6 §). Tillstånd krävs också för export och import av kärnbränsle (3 §) samt transport av kärnbränsle (4 §). Särskilt tillstånd krävs för behandling, bearbetning och annan hantering av kärnbränsle utanför installationer som kräver tillstånd (9 §).

Sedan den 1 juli 2005 är det olagligt att leverera använt kärnbränsle till en upparbetningsanläggning.

Tillstånd får inte ges för uppförande och drift av kärnkraftverk
Ytterligare tillstånd får inte utfärdas för byggande och drift av anläggningar för fission av kärnbränsle för kommersiell produktion av el och utrustning för upparbetning av utbränt kärnbränsle. Detta gäller dock inte nödvändiga ändringar av anläggningarna eller driften av dessa (7 §).

Kärnkraften ska vara avvecklad före den 31 december 2022
Tillstånd att driva ett kraftverk för fission av kärnbränsle för kommersiell elproduktion upphör om en viss mängd el, som anges i lagen, produceras i anläggningen. Produktionen av el vid varje kärnkraftverk ska mätas och kontrolleras genom i lagen noggrant angivna regler. Den mängd el som anges i lagen får helt eller delvis överföras från en anläggning till en annan.

4.3 Stresstester

Efter kärnkraftsolyckan i Japan i mars 2011 kom EU:s ministerråd vid ett extrainkallat möte i slutet av mars överens om att samtliga EU-länder ska göra en samlad risk- och säkerhetsbedömning av sina kärnkraftverk, så kallade stresstester.

Utöver kraven från EU har den svenska regeringen beslutat att även det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle (CLAB) ska stresstestas.

Det är kärnkraftsindustrin som ska genomföra stresstesterna, medan en nationell myndighet (i Sverige Strålsäkerhetsmyndigheten)

granskar dess analyser och sammanställer en nationell rapport. Resultaten ska myndigheten redovisa dels till regeringen, dels till Européen Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG). Stresstesterna för CLAB ska dock endast redovisas till regeringen. När alla länder lämnat in sina rapporter ska en grupp internationella experter granska ländernas rapporter. Stresstester genomförs även i Japan på alla landets kärnkraftsreaktorer. Enligt den japanska regeringen ska stresstesterna utformas i stil med de tester som EU ska genomföra.

I en skrivelse den 20 oktober 2011 till det internationella atomenergiorganet IAEA uppmanar International Nuclear Regulators Association, INRA, organisationen att säkerställa att stresstester utförs i alla IAEA: s medlemsstater med kärnkraftverk och att resultaten delas mellan alla berörda aktörer^{ix}.

4.4 Reflektioner

Kärnkraftsolyckan i Fukushima har haft stor inverkan på kärnsäkerhetsdebatten i Europa, men det är bara i Italien, Schweiz och Tyskland som debatten har lett till omfattande ändringar i den nationella energipolitiken.

I Frankrike, Finland och USA fick de nationella kärnsäkerhetsmyndigheterna i uppdrag att göra en utvärdering av hur deras kärnkraftverk skulle klara extrema händelser, och i Storbritannien fick en särskild utredare uppdraget att granska säkerheten i de brittiska verken^x. Även den kinesiska regeringen beslöt att genomföra en omfattande säkerhetsutvärdering av landets reaktorer, inklusive de reaktorer som är under konstruktion. Utvärderingarna har dock inte lett till kursändringar i samband med utbyggnad av kärnkraft i dessa länder^{xi}.

I Sverige gav regeringen den 12 maj 2011 Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, i uppdrag att utföra stresstester på de svenska kärnkraftverken, enligt de riktlinjer som har utarbetats inom EU. SSM har dessutom fått ett antal regeringsuppdrag för att förbättra säkerhetsarbetet på de svenska kärnkraftsanläggningarna.

^{ix} INRA består av cheferna för de kärntekniska tillsynsmyndigheterna i Kanada, Frankrike, Tyskland, Japan, Sydkorea, Spanien, USA, Storbritannien och Sverige .

^x Mike Weightman.

^{xi} I Frankrike diskuterades möjligheten att göra uppehåll i utvecklingen av nya reaktorer. I China diskuteras sänkt utvecklingstakt.

Pågående och planerade säkerhetshöjande åtgärder ska värderas i ljuset av händelserna (8), och myndigheten ska analysera och utvärdera vilka åtgärder som är mest prioriterade för att ge optimal säkerhet på kortare och längre sikt. Myndigheten ska redovisa åtgärder vid svenska kärntekniska anläggningar med anledning av händelserna vid kärnkraftverket i Fukushima, se över det fysiska skyddet av kärntekniska anläggningar mot terrordåd, redogöra för synen på åldrande kärnkraftverk samt göra en översyn av den svenska tillsynsmodellen. Uppdragets resultat blir sedan även de en del av säkerhetsarbetet.

Händelserna i Fukushima har inte haft direkta effekter på debatten i Sverige om kärnavfall. SKB lämnade in sina ansökningar till Strålsäkerhetsmyndigheten och Mark- och miljödomstolen den 16 mars 2011 som planerat. Enligt SSM finns redan det använda kärnbränslet och måste tas om hand på ett strålsäkert sätt och händelserna i Japan ändrar inte perspektiven för SSM:s utvärdering av SKB:s ansökan (9).

Referenser

1. SOU 1983:9, Lagstiftningen på kärnenergiområdet, Betänkande av Atomlagstiftningskommittén.s. 72.
2. Prop. 1979/80:170 om vissa energifrågor
3. NU 1979/80:70, rskr 410
4. Lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet
5. SÖ 1987:3. Konvention om tidig information vid en kärnenergi-olycka.
6. Baserad på IRSN Report DRPH/2011-1010. Assessment on the 66th day of projected external doses for populations living in the north –west fallout zone of the Fukushima nuclear accident. Outcome of population evacuation measures.
7. Sammanställning av händelseförloppet i Fukushima Dai-Ichi baseras även på presentation av Jan Johansson, Strålsäkerhetsmyndigheten.
8. Delredovisning. Uppföljning av erfarenheter från kärnkraftsolyckan i Fukushima. 15 december Dok nr: SSM 2011-2052-2
9. Uppsala Nya Tidning 2011-03-31

5 Kärnavfallsdirektivet – nytt europeiskt ramverk för hantering av kärnavfall

Den 19 juli 2011 beslutade Europeiska rådet att inrätta ett gemenskapsramverk för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall – kärnavfallsdirektivet (1). Direktivet trädde i kraft den 22 augusti 2011. Medlemsstaterna ska rapportera till kommissionen första gången senast den 23 augusti 2015 och därefter vart tredje år.

Direktivet ska tillämpas på alla led i hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från civil verksamhet. Det ska således inte tillämpas på militär verksamhet.

Direktivet ska heller inte tillämpas på avfall från utvinningsindustrin, som kan vara radioaktivt och som omfattas av direktiv 2006/21/EG (2). Direktivet ska heller inte tillämpas på godkända utsläpp eller i samband med att kasserade slutna strålkällor återlämnas till en leverantör eller tillverkare. Från direktivets tillämpningsområde undantas även sändningar av använt kärnbränsle från forskningsreaktorer till ett land dit bränsle för forskningsreaktorer levereras eller där det tillverkas.

Sverige, Österrike och Luxemburg avstod av vissa skäl att rösta om antagandet av direktivet – se nedan. Direktivet är dock tillämpligt i Sverige och ska införlivas i den svenska lagstiftningen.

5.1 Allmänna principer

Direktivet utgår från ett antal allmänna principer som ska gälla för hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, bland annat följande:

- att det är en etisk skyldighet för alla medlemsstater att se till att orimliga bördor inte överlåts på kommande generationer
- att medlemsstaterna har det yttersta ansvaret för säkerheten vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, medan huvudansvaret för säkerheten vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall ligger hos tillståndshavaren under den behöriga tillsynsmyndighetens kontroll
- att det radioaktiva avfall som genereras ska hållas på den lägsta nivå som rimligen är möjlig, både i fråga om aktivitet och volym
- att insynen vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall garanteras genom effektiv information till allmänheten och möjligheter för alla berörda intressenter, bland annat lokala myndigheter och allmänheten, att delta i beslutsprocessen
- att medlemsstaterna säkerställer att tillräcklig finansiering finns att tillgå för hantering av använt bränsle och radioaktivt avfall.

Om radioaktivt avfall eller använt kärnbränsle sänds för bearbetning eller upparbetning till en medlemsstat eller ett tredjeland, är det fortfarande den stat som det radioaktiva materialet sändes *från* som har det slutliga ansvaret för en säker och ansvarsfull slutförvaring av materialet, inklusive det avfall som uppstår som restprodukt.

Syftet med direktivet kan sägas vara att säkerställa att dessa allmänna principer följs genom lämpliga nationella arrangemang av medlemsstaternaⁱ.

5.1.1 Principen om att radioaktivt avfall ska slutförvaras i den medlemsstat i vilken det genererades

Som en allmän princip och huvudregel i direktivet gäller att radioaktivt avfall ska slutförvaras i den medlemsstat i vilken det genererades. Till denna princip finns dock ett undantag som särskilt kommit att diskuteras i samband med att direktivet antogs.

ⁱ Jfr artikel 1 och artikel 4 i direktivet.

Under förutsättning att ett medlemsland har ingått ett särskilt avtal med ett annat medlemsland eller ett tredje land är det möjligt att använda en anläggning i ett av länderna för slutförvaring av det radioaktiva avfallet. Det avtal som ingås ska ta hänsyn till de kriterier som fastställts av kommissionenⁱⁱ. För ett tredje land gäller dessutom vissa ytterligare krav, bland annat att landet är part i konventionen om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall.

Möjligheten till undantag från principen ledde till att Sverige, Österrike och Luxemburg avstod från att rösta om antagandet av direktivet. Länderna erkänner mervärdet av flera viktiga bestämmelser i direktivet, men beklagar att gemenskapen inte har kunnat bekräfta sitt fulla ansvar för att ta hand om sitt eget använda bränsle och radioaktiva avfall, i och med att gemenskapen accepterar möjligheterna till export av avfall för deponering i tredje land.

5.2 Ett nationellt ramverk

Medlemsstaterna ska införa och upprätthålla ett nationellt rättsligt, reglerande och organisatoriskt ramverk – *nationellt ramverk* – som fördelar ansvar och fastställer samordning mellan relevanta behöriga organ för hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. I direktivet anges översiktligt vad ramverket ska omfattaⁱⁱⁱ.

Ramverket ska bland annat omfatta ett nationellt program för nationella handlingsplaner vad gäller hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall – se nedan. Vidare ska det nationella ramverket omfatta ett system för tillståndsgivning, ansvarsfördelning mellan olika aktörer, kontroll och övervakning, åtgärder för efterlevnad och nationella krav på information till allmänheten och allmänhetens deltagande. När det gäller ansvarsfördelningen anger direktivet att det nationella ramverket ska lägga huvudansvaret för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall på dem som genererar det, eller under särskilda omständigheter på den tillståndshavare som har anförtrotts detta ansvar av behöriga organ. Ramverket ska också omfatta ett finansieringssystem för hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.

ⁱⁱ Jfr artikel 16.2 i direktiv 2006/117/Euratom om övervakning och kontroll av transporter av radioaktivt avfall och använt kärnbränsle.

ⁱⁱⁱ Jfr artikel 5 i direktivet.

Den lagstiftning som gäller inom kärnavfallsområdet i Sverige; Kärntekniklagen (3), strålskyddslagen (4), miljöbalken (5) och finansieringslagen (6) torde motsvara de krav som direktivet ställer på det nationella ramverket.

5.3 Nationella program

Det nationella ramverket ska enligt direktivet omfatta ett nationellt program för hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Programmet ska omfatta alla typer av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall under respektive medlemsstats lagskipningsområde, liksom alla led i hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, från generering till slutförvaring^{iv}.

Programmet ska regelbundet utvärderas och uppdateras ”med beaktande av tekniska och vetenskapliga framsteg där så är lämpligt samt, rekommendationer, gjorda erfarenheter och god praxis i de inbördes utvärderingarna”. Direktivet innehåller vidare tämligen detaljerade krav på programmets innehåll^v. Det nationella programmet och efterföljande viktiga ändringar ska anmälas till kommissionen^{vi}.

Enligt Kärnavfallsrådets uppfattning är det oklart i vilken omfattning och på vilket sätt som kraven på ett nationellt program kan sägas motsvaras av bestämmelser i den nuvarande lagstiftningen i Sverige. Eventuellt kan det motsvaras av kraven i kärntekniklagen om att reaktorinnehavarna ska upprätta ett allsidigt forsknings- och utvecklingsprogram för hanteringen av det använda kärnbränslet^{vii}. I finansieringslagen finns vidare bestämmelser som innebär att de tillståndshavare som hanterar använt kärnbränsle och radioaktivt avfall ska upprätta kostnadsberäkningar, som redovisar de åtgärder dessa avser att vidta för hantering och slutförvaring av avfallet^{viii}.

Direktivets krav på ett nationellt program skulle även kunna motsvaras av kraven i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om hantering av radioaktivt avfall och kärnavfall vid kärntekniska anläggningar (7). I föreskrifterna finns bestämmelser om att verksamhets-

^{iv} Jfr artikel 11 i direktivet.

^v Jfr artikel 12 i direktivet.

^{vi} Jfr artikel 14 i direktivet.

^{vii} Jfr 12 § Kärntekniklagen.

^{viii} Jfr 18 § lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet.

utövarna ska upprätta avfallsplaner, som ska beskriva det radioaktiva avfall som uppkommer, utsläpp och det slutliga omhändertagandet av avfallet. Planerna ska hållas uppdaterade samt finnas tillgängliga hos verksamhetsutövaren.

Det finns alltså i Sverige bestämmelser i skilda författningar som på olika sätt tar sikte på att planer för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall ska sammanställas och redovisas. Men något sammanhållet nationellt program är det knappast fråga om.

I sitt yttrande över Kommissionens förslag till det nu föreliggande direktivet ställde sig Kärnavfallsrådet bakom tanken på ett nationellt program som en utgångspunkt för ett nationellt ansvarstagande när det gäller hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall (8). Rådet anser att ett nationellt program skulle kunna bidra till en öppenhet och kvalitetssäkring av hanteringen av radioaktivt avfall i Sverige.

5.4 Behörig tillsynsmyndighet

Varje medlemsstat ska ”inrätta och upprätthålla en behörig tillsynsmyndighet för säkerheten vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall”^{ix}.

Myndigheten ska vara funktionellt åtskild andra organ eller organisationer som är verksamma inom området. Här inbegrips även organisationer som är verksamma när det gäller elproduktion och radioisotoptillämpningar. Myndigheten ska ges de rättsliga befogenheter och de personella och ekonomiska resurser som krävs för att den ska kunna uppfylla sina skyldigheter enligt ”det nationella ramverket”.

Strålsäkerhetsmyndigheten och dess verksamhet uppfyller de krav som direktivet ställer.

^{ix} Jfr artikel 6 i direktivet.

5.5 Tillståndshavare

Kärnavfallsdirektivet ställer krav på att medlemsstaterna ska säkerställa att det är tillståndshavaren som ska ha det primära ansvaret för säkerheten vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Detta ansvar ska enligt direktivet inte kunna delegeras^x.

Säkerheten ska regelbundet utvärderas, kontrolleras och (i rimlig mån) ständigt förbättras. Som en del av tillståndsförfarandet ska redovisningen av säkerheten även omfatta förslutning av en anläggning för slutförvaring, liksom fasen efter slutlig förslutning av en anläggning för slutförvaring. Medlemsstaterna ska också säkerställa att tillståndshavarna upprättar och tillämpar integrerade ledningssystem, inklusive kvalitetssäkring, som på lämpligt sätt prioriterar ett helhetsperspektiv vid hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Vidare ska tillståndshavarna ha tillräckliga ekonomiska och personella resurser för att kunna uppfylla sina skyldigheter med hänsyn till säkerheten.

Direktivets krav i denna del motsvaras bland annat av kärntekniklagen samt Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar^{xi}.

^x Jfr artikel 7 i direktivet.

^{xi} 10 och 13 §§ Kärntekniklagen samt 7 – 10 §§ Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1).

Referenser

1. Rådets direktiv 2011/70/EURATOM av den 19 juli 2011 om inrättande av ett gemenskapsramverk för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.
2. Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/21/EG av den 15 mars 2006 om hantering av avfall från utvinningsindustrin och om ändring av direktiv 2004/35/EG
3. Lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet
4. Strålskyddslag (1988:220)
5. Miljöbalk (1998:808)
6. Lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet
7. Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:22), 3-9 §§
8. Kärnavfallsrådets svar den 9 december 2010 på remiss från Miljödepartementet: "Förslag till direktiv om hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall" (dnr 30/10; miljödepartementets dnr: M2010/4313/Mk).

6 Slutförvaring i andra länder – Nulägesbeskrivning från Finland, Frankrike, Tyskland, Schweiz och USA

6.1 Finland

6.1.1 Inledning

Finland är ett av de tre länder i världen som har kommit längst i slutförvarsprocessen för högaktivt använt kärnbränsle (1). Finland har dock inget nationellt program för hantering av använt kärnbränsle, utan det är de finska kärnkraftsproducenternas ansvar att ta fram en slutförvarsmetod för det använda kärnbränsle som kärnkraftsproducenternas reaktorer genererar (2).

Kärnkraftsföretagen Teollisuuden Voima Oyj (TVO) och Fortum Power & Heat Oy har två reaktorer vardera. De samäger bolaget Posiva Oy (Posiva), som ansvarar för att ta fram en säker slutförvarsmetod för det använda kärnbränslet.

Posiva har valt den svenska KBS-3 metoden vilken innebär att det använda kärnbränslet ska placeras i kopparkapslar och deponeras cirka 500 meter ner i berggrunden, inbäddade i bentonitlera. Posiva och Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har ett nära forskningssamarbete kring denna metod.

Posiva planerar att uppföra en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle på halvön Olkiluoto i Euraåminne kommun i västra Finland. Posiva bygger en forskningstunnel nära Olkiluoto i Onkalos berggrund, som enligt planerna också ska bli en del av Finlands slutförvar för använt kärnbränsle. Posivas syfte med forskningsanläggningen är att undersöka om platsen är lämplig för ett slutförvar för använt kärnbränsle och att ge Posiva kunskap om berggrunden i Olkiluoto, innan företaget ansöker om bygglov år 2012.

Forskningsanläggningen är tänkt att bli Finlands slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle, förutsatt att licensieringsprocessen går som Posiva planerat.

Det nya energibolaget Fennovoima Oy planerar att bygga ett kärnkraftverk i staden Pyhäjoki. Fennovoima är enligt den finska regeringen skyldig att senast år 2016 kunna uppvisa ett avtal om att det använda kärnbränslet från Fennovoimas nya kärnkraftverk kan slutförvaras i Posivas slutförvarsanläggning i Olkiluoto. Alternativt måste Fennovoima kunna presentera en miljökonsekvensbeskrivning för en egen slutförvarsanläggning (2).

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av beslutsprocessen kring den finska slutförvaringen av använt kärnbränsle samt en kort presentation av den finska Kärnavfallshanteringsfonden.

6.1.2 Den finska beslutsprocessen

Den finska beslutsprocessen kring uppförandet av ett slutförvar består av tre beslut som den finska regeringen fattar – ett principbeslut, ett byggtillstånd och ett drifttillstånd (3). Det första beslutet i licensieringsprocessen togs 2001, då den finska regeringen fattade ett principbeslut om att godkänna uppförandet av en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle i Euraåminne kommun i Finland.

Under 2012 kommer Posiva att ansöka om ett byggtillstånd för sin planerade slutförvarsanläggning. Därefter krävs alltså även ett drifttillstånd från den finska regeringen för att Posiva ska kunna påbörja driften av en slutförvarsanläggning.

6.1.3 Principbeslut

För att få uppföra en kärnanläggning av stor allmän betydelse krävs enligt finsk kärnenergilag ett så kallat principbeslut som fastställer att anläggningen är förenlig med samhällets helhetsintresse (3).

En ansökan om principbeslut bereds av arbets- och näringsministeriet som ska höra Strålsäkerhetscentralen (STUK), miljöministeriet samt Euraåminne kommun där anläggningen kommer att uppföras. Arbets- och näringsministeriet ska även bereda möjlighet för invånarna och kommunerna i anläggningens närmaste omgivning samt lokala myndigheter att skriftligen framföra sina synpunkter på den planerade anläggningen. Synpunkter som framkommer vid

mötet måste komma till den finska regeringens kännedom. Ministeriet måste även anordna ett offentligt möte på den ort där bolaget planerar att uppföra slutförvarsanläggningen.

När regeringen har fattat sitt principbeslut, ska beslutet utan dröjsmål föreläggas riksdagen för granskning. Riksdagen kan upphäva beslutet helt och hållet eller besluta att det utan ändringar ska träda i kraft. Som tidigare nämnts fattades principbeslutet av den finska regeringen 2001 och är fastställt.

6.1.4 Byggtillstånd

Uppförandet av slutförvaret kan inledas först efter det att regeringen har beviljat ett särskilt byggnadstillstånd. Posiva måste lämna in en ansökan om att få uppföra slutförvaret före utgången av 2012. STUK granskar ansökan, vilket planeras ta cirka 2 år, och ger sedan arbets- och näringsministeriet ett utlåtande baserat på en säkerhetsbedömning (3).

6.1.5 Drifttillstånd

Innan slutförvaret får tas i drift måste sökanden (Posiva) ansöka om drifttillstånd. Ansökan ska lämnas in till arbets- och näringsministeriet som prövar frågan om tillstånd. Sökanden får inte påbörja driften av anläggningen förrän STUK har konstaterat att slutförvaret uppfyller de säkerhetskrav som ställts på verksamheten. Posiva räknar med att kunna slutföra förslutningen av slutförvarsanläggningen cirka 2120.

6.1.6 Den finska kärnavfallshanteringsfonden

Finland har i likhet med Sverige ett finansieringssystem där de kärnkraftsproducerande företagen betalar in kärnavfallsavgifter till en statlig fond, Kärnavfallshanteringsfonden. Fonden är en garanti-fond inför eventuella framtida kostnader för att hantera det använda kärnbränslet, och den finansierar i dagsläget också ett nationellt forskningsprogram om hantering av använt kärnbränsleⁱ. Det är arbets- och näringsministeriet som förvaltar den finska fondenⁱⁱ,

ⁱ Forskningsprogrammet heter KYT 2014.

ⁱⁱ Arbets- och näringsministeriets hemsida: www.tem.fi/index.phtml?l=sv&s=1550.

och TVO och Fortum har fram till 2010 betalat 0,17 eurocent (motsvarande 1,8 svenska öre) per kilowattimme kärnkraftsproducerad el till fonden. Värdet på den finska Kärnavfallshanteringsfonden uppgår i dag till cirka 1,9 miljarder euro. Posivas arbete betalas direkt av TVO och Fortum.

6.2 Frankrike

6.2.1 Inledning

Frankrike anses vara ett av de tre länder som har kommit längst med att hitta en lösning på kärnavfallsproblemet. Detta trots att landet under 1980– talet led ett stort bakslag då processen stoppades på grund av att allmänhetens protester blev för stora. Sedan dess har frivillighetsprincipen haft en central roll i det franska arbetet.

Det statliga affärsverket ANDRA (*Agence Nationale pour la Gestion Des Déchets Radioactifs*) har i uppdrag att hantera det radioaktiva avfalletⁱⁱⁱ. Verket har byggt en forskningsanläggning i Bure i Meuse/Haute– Marne i nordöstra delen av Frankrike, och i närheten av den föreslagit en plats där man anser det lämpligt att bygga en slutförvaringsanläggning.

Under kommande år planerar ANDRA en offentlig debatt om licensansökan för uppförande av en slutförvaringsanläggning, och planen är att påbörja bygget av en slutförvaringsanläggning för högaktivt avfall i Bure under 2017.

I detta kapitel beskrivs milstolpar i processen, bakgrund till lagstiftning samt ansvariga i det franska kärnavfallshanterings-systemet.

6.2.2 Platsundersökningar

Under 1980– talet påbörjades geologiska översiktsundersökningar som pekade ut 30 möjliga områden. Av dessa 30 valdes fyra platser men allmänhetens protester blev för starka och verksamheten avbröts. I lagstiftning som trädde i kraft 1991 poängterades att frivillighet ska ligga till grund för det fortsatta arbetet (4).

ⁱⁱⁱ ANDRA bedriver även forskning om slutförvaring i granit samt om separation och transmutation och vidare långsiktig ytlagring av avfall efter konditionering.

Geologiska undersökningar i Bure

I 1994 påbörjades geologiska undersökningar för att finna en plats för en underjordisk forskningsanläggning. Undersökningarna gjordes bland annat vid Bure och arbetet utfördes i samråd med allmänhet och berörda kommuner. Berggrunden i området domineras av en lermineralrik skiffer och syftet med undersökningarna var att se om denna bergart lämpar sig för ett djupförvar av högaktivt och långlivat kärnavfall med återtagningmöjlighet i enlighet med den nationella strategin. Den geologiska formationen av en styv lera ligger på 500 meters djup. Efter godkännande av kommuner och regeringen kunde bygget av forskningsanläggningen påbörjas 1999^{iv}.

ANDRA:s rapport om geologiska djupförvar

År 2005 presenterade ANDRA för ministern för forskning och industri en rapport om möjligheterna att i ett geologiskt djupförvar slutförvara högaktivt och långlivat radioaktivt avfall. Rapporten som summerade de senaste 15 årens forskning på området redovisade

- *dels* en genomförbarhetsstudie avseende lerskiffer, baserad bland annat på det arbete som bedrivs.
- *dels* en rapport om fördelarna med graniter baserad på tillgänglig litteratur om fransk granit.

ANDRA visade i rapporten från 2005 att geologin i ett 250 km² stort området runt försöksanläggningen i Bure kan vara lämpligt för en slutförvarsanläggning. För att få en tydligare bild av var anläggningen skulle kunna lokaliseras var det första steget att minska detta område till en zon där mer detaljerade geologiska undersökningar skulle genomföras.

Detaljerade platsundersökningar

Under 2009 hölls diskussioner med lokala intressenter angående en slutförvarsanläggning. Alla inblandade parter poängterade att den långsiktiga säkerheten måste ha högsta prioritet och det lokala samhället uttryckte sina förväntningar med avseende på regional

^{iv} ANDRA, The Meuse/Haute– Marne Underground Research Laboratory.

utveckling och lokal integrering i projektet. Under slutet av 2009 presenterade ANDRA för regeringen ett 30 km² stort område kallat ZIRA där man ville bedriva detaljerade platsundersökningar för byggnad av geologiskt förvar, så kallat Cigeo, som skulle kunna ta emot högaktivt och medelaktivt långlivat avfall. Förslaget godkändes av National Assessment Board, tillståndsmyndigheten och ANDRA:s vetenskapliga råd och 2010 fick ANDRA tillstånd från regeringen att inleda detaljerade geologiska undersökningar inom området.

6.2.3 Framtida planer

Under 2012 planerar ANDRA att förbereda den vetenskapliga och tekniska dokumentationen kring sin forskning. Under 2012–2013 planerar verket en offentlig debatt och under 2015 att ansöka om licens för att uppföra en slutförvarsanläggning. Om allt går enligt ANDRA:s planer kommer arbetet med att uppföra en slutförvarsanläggning påbörjas under 2017.

Fransk lagstiftning pekar på att processen kring ett slutförvar ska vara omvändbar (på engelska *reversible*, se faktaruta 6.1) under minst 100 år. Detta för att kommande generationer ska ges möjlighet att ta tidigare beslut under omprövning och ha frihet att välja en annan lösning. För att underlätta för framtida beslutsfattare planerar man att övervaka förvaret i avseende på temperatur, tryck, deformation och så vidare^v.

Faktaruta 6.1 Omvändbarhet

Omvändbarhet (*eng. reversibility*) betyder möjlighet att ta ett eller flera steg tillbaka i planerings- och utvecklingsprocessen vid varje steg i programmet. Detta förutsätter en granskning och, om så erfordras, en omvärdering eller omprövning av tidigare beslut och även att nödvändiga medel (tekniska, ekonomiska med mera) finns tillgängliga. Begreppet omvändbarhet antyder att reträttmöjligheter finns inbyggda i förvarspolicyn och i det aktuella tekniska programmet.

Omvändbarhet kan underlättas om man exempelvis tar små steg åt gången och gör täta granskningar av programmet. Omvändbarhet kan också underlättas genom olika tekniska lösningar. I

^v www.andra.fr 2011– 12– 15.

de tidiga skedena i programmet kan omprövningen gälla ett beslut om platsval eller valet av en speciell konstruktionslösning. Längre fram i programmet, under byggande och drift, kan omprövningen innebära att en eller flera komponenter i förvaret modifieras eller, efter att avfallet kommit på plats, till och med innebära att man hämtar tillbaka avfall från förvaret (5).

6.2.4 Fransk lagstiftning om forskning och hantering av kärnavfall

De generella principerna för omhändertagande av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, inklusive finansiering av framtida kostnader, har reglerats genom 1991 års avfallslag (6) senare modifierad i 2006 års lag ”om uthållig hantering av radioaktivt material och avfall” (7), med tillhörande förordningar och föreskrifter, knuten till den franska miljöbalken.

Lagen anger formellt ett geologiskt djupförvar som en referenslösning för högaktivt och långlivat radioaktivt avfall, och sätter 2015 som måldatum för licensiering av ett slutförvar och 2025 som ett datum då deponeringen av avfall bör påbörjas. Lagen definierar tre huvudprinciper när det gäller radioaktivt avfall och radioaktiva substanser:

1. reducering av kvantitet och toxicitet,
2. mellanlagring av radioaktiva substanser och avfall som ska slutförvaras,
3. slutförvaring i geologiska formationer.

Principen om upparbetning av använt bränsle och användning av återvunnet plutonium och uran i form av blandoxidbränsle (så kallat MOX-bränsle) slås fast ”för att minska mängden och toxiciteten” av det slutliga avfallet.

En central del av regleringen är att lagen föreskriver att en nationell plan för hantering av radioaktivt material och avfall ska färdigställas före den 31 december 2006 och därefter uppdateras vart tredje år.

6.2.5 Ansvar för hantering av använt kärnbränsle och kärnavfall

Reaktorägarna har enligt lagstiftningen det grundläggande ansvaret för att använt kärnbränsle och kärnavfall tas om hand på ett säkert sätt i enlighet med den nationella strategin. Enligt denna ska använt kärnbränsle i första hand upparbetas och utvunnet klyvbart material återanvändas i form av MOX-bränsle. På sikt söker man att utveckla teknik för ytterligare separation och transmutation för att få ner mängden långlivade radioaktiva ämnen som behöver placeras i geologiskt djupförvar.

Kärnkraftföretagen ska regelbundet beräkna framtida kostnader för hanteringen och med utgångspunkt i dessa kostnadsberäkningar fondera erforderliga medel internt. Forskning och utveckling finansieras via särskilda skatter och avgifter som tas ut av kärnkraftföretagen.

Särskilda statliga kommissioner övervakar genomförandet av den nationella strategin och finansieringssystemet.

Tillståndsprovning och tillsyn av anläggningar för hantering av använt kärnbränsle och kärnavfall sker enligt ”lagen om öppenhet och säkerhet på kärnteknikområdet”. Den reglerar bland annat tillståndshavarnas ansvar, tillståndsförfaranden, samt tillsynsmyndighetens^{vi} ställning och uppgifter.

Upparbetning och avfallsbehandling med tillhörande teknikutveckling sköts huvudsakligen av kärnteknikkoncernen AREVA som drivs i bolagsform med den franska atomenergikommissionen (CEA) som helt dominerande ägare. Högaktivt förglasat avfall från upparbetningen mellanlagras vid AREVA:s anläggningar i La Hague.

Slutförvarsanläggningarna byggs och drivs av ANDRA. ANDRA:s ställning och uppgifter regleras också enligt lagen om uthållig hantering av radioaktivt material och avfall.

Driftavfall läggs i betongkassuner i ett ytnära slutförvar för driftavfall i Aube-distriktet där en slutförvarsanläggning för lågaktivt och kortlivat radioaktivt avfall i Soulaïnes är belägen, liksom en slutförvarsanläggning för mycket lågaktivt avfall i Morvilliers (CSTFA). Ett äldre förvar intill upparbetningsanläggningen i La Hague är numera förslutet men övervakas.

^{vi} L’Autorité de Sûreté Nucléaire, ASN.

6.3 Tyskland

Den tyska atomlagen med tillhörande förordningar reglerar omhändertagandet av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.

Reaktorägarna har det fulla tekniska och finansiella ansvaret för mellanlagring av använt kärnbränsle och kärnavfall. Slutförvaring är dock enligt atomlagen ett federalt ansvar med den tyska strålskyddsmyndigheten, *Bundesamt für Strahlenschutz* (BfS) som verkställande myndighet.

Kraftföretagen åläggs att stå för löpande och framtida kostnader för hanteringen av använt bränsle och kärnavfall och att göra de interna avsättningar som behövs för detta, liksom för avveckling och rivning av kärnenergianläggningarna.

Diskussionen om hur använt kärnbränsle och radioaktivt avfall ska tas om hand i Tyskland och var avfallet ska deponeras har pågått under flera decennier och är i flera avseenden ännu inte avslutad. I juli 2009 beslutades på federal nivå om nya kriterier för slutförvaring, som ersatte de tidigare reglerna från 1983. Tillstånd till slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall får ges enbart om det vetenskapligt kan demonstreras att avfallet kommer att kunna vara stabilt i förvaret under en miljon år. Dessutom måste avfallet vara återtagbart under den tid som slutförvaret är i drift före slutlig förslutning.

6.3.1 Anläggningar för lagring av radioaktivt avfall

I Tyskland finns för närvarande anläggningar för förvar av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall i Konrad, Asse och Morsleben, Gorleben, och Ahaus. De tre förstnämnda ligger i centrala Tyskland mellan Hannover och Magdeburg, Gorleben är belägen 100 kilometer sydost om Hamburg, och Ahaus som ligger i västra Tyskland.

De anläggningar som troligen kommer att utvecklas i framtiden är anläggningarna i Gorleben och Konrad. Gorleben utvecklas för mellanlagring och slutförvaring av högaktivt avfall, Konrad för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall.

Ett tillstånd för verksamheten i Konrad beviljades i januari 2008. Slutförvaret planeras att kunna tas i drift 2014. Under förutsättning att tillstånd till ett slutförvar beviljas 2019 skulle ett slutförvar i Gorleben kunna tas i drift 2025.

Gorleben

1963 utfärdade den federala regeringen en rekommendation att använda geologiska saltdomer för slutförvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. 1973 påbörjades planeringen för ett nationellt slutförvar^{vii}, och efter en omfattande platsvalsprocess deklarerade delstatsregeringen i Niedersachsen 1977 att saltdomen i Gorleben skulle vara platsen för en nationell anläggning för deponering av radioaktivt avfall. Ett slutförvar för radioaktivt avfall skulle anläggas djupt nere i saltdomen tillsammans med en särskild enhet för mellanlagring av avfall. På grund av politiskt motstånd i delstaten har de ursprungliga planerna dock inte kunnat sättas i verket, men arbetet med att utveckla ett djupförvar för slutförvar för högaktivt radioaktivt avfall fortgår alltjämt. Det federala DBE mbH^{viii} driver en pilotanläggning som anses möjlig att utveckla till ett fullskaligt slutförvar för högaktivt radioaktivt avfall.

I Gorleben finns i dag två mellanlager för radioaktivt avfall. Transportbehållarlager Gorleben används för mellanlagring av använt kärnbränsle samt för förglasat högaktivt avfall från upparbetat bränsle. Bränsleelement och förglasat högaktivt avfall förvaras torrt i luftkylda behållare som är placerade i en hall ovan mark. Tillstånd har beviljats för 420 behållare.

I Abfalllager Gorleben mellanlagras radioaktivt avfall från såväl tyska kärnkraftsverk som från olika forskningsanläggningar och övrig industri.

Konrad

Den nedlagda järnmalmsgruvan i Konrad har sedan 1975 varit aktuell som slutförvar för radioaktivt avfall. Föregångaren till den nuvarande federala strålskyddsmyndigheten lämnade 1982 in en ansökan till Niedersachsens miljöministerium om att få uppföra ett nationellt slutförvar för låg- och medelaktivt avfall i järnmalmsgruvan. Den politiska debatten i delstaten ledde dock till att ansökan inte kunde beviljas förrän 2002. Beslutet att bevilja ansökan över-

^{vii} Ansvar för detta arbete klargjordes genom en komplettering i atomlagen år 1976, där det föreskrevs att det skulle vara ett federalt ansvar att utveckla, bygga och driva anläggningar för slutförvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från kärntekniska anläggningar. Samtidigt gavs reaktorinnehavarna det fulla ansvaret för omhändertagande och mellanlagring av använt kärnbränsle och kärnavfall.

^{viii} The German Society for the Construction and Management of Long-Term Waste Storage Units.

klagades och det var först i januari 2008 som ett tillstånd att uppföra ett slutförvar slutligen kunde utfärdas. Slutförvaret för låg- och medelaktivt avfall planeras att kunna tas i drift 2014.

Konrad kommer inledningsvis att kunna ta emot 300 000 kubikmeter radioaktivt avfall. Så småningom planeras slutförvaret att rymma 650 000 kubikmeter radioaktivt avfall.

Ahaus

I Ahaus finns ett mellanlager för medelaktivt avfall inklusive några bränsleelement med använt bränsle från forskningsreaktorer. År 2010 beviljade strålskyddsmyndigheten utförelse av 951 bränsleelement från forskningsreaktorn i Rossendorf (sedan 1991 nedlagd) till Mayak i Ryssland för upparbetning. Transporten skedde i enlighet med the *Russian Research Reactor Fuel Return Program*.

Asse

Lagret för radioaktivt avfall i Asse saltgruva har stängts. Radioaktivt avfall placerades i anläggningen mellan 1967 och 1978. Anläggningen är i dåligt skick. Sprickor i den gamla gruvan gör att vattnet sipprar in och löser upp saltet i berget. För närvarande måste dagligen saltmättat vatten pumpas ut ur gruvan. Detta har lett till att strålskyddsmyndigheten, BfS, 2010 beslutade att avfallet bestående av 126 000 avfallstunnor skulle flyttas. En tänkbar plats är det planerade slutförvaret för låg- och medelaktivt radioaktivt avfall i Konrad. Enligt planerna ska avfallet vara avlägsnat senast 2020.

Morsleben

Lagret för låg- och medelaktivt avfall i Morsleben fick sitt tillstånd 1981 och stängdes 1998. Anläggningen är i dåligt skick och håller på att stabiliseras med betong till en kostnad som beräknas uppgå till 2,2 miljarder euro.

Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft (WAK)

En pilotanläggning för upparbetning av använt kärnbränsle kallad WAK drevs i Karlsruhe mellan åren 1971 och 1991. Vid anläggningen bearbetades cirka 206 ton använt bränsle.

Det separerade högaktiva radioaktiva avfallet från verksamheten lagras i flytande form vid anläggningen. Det flytande avfallet beräknas vara förglasat till 2012. Det förglasade högaktiva avfallet kommer, enligt vad som är planerat, att mellanlagras vid det nedlagda kärnkraftverket i Greifswald i väntan på deponering i ett geologiskt förvar.

Det låg- och medelaktiva radioaktiva avfall som genererats från verksamheten i WAK har deponerats i saltgruvan i Asse och omfattar ungefär hälften av det avfall som har deponerats i saltgruvan.

6.3.2 Alternativa förslag till slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall

Alternativa förslag till slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall än det som planeras i Gorleben är att anlägga slutförvar i opalin lera, som förekommer på flera olika platser i Tyskland.

Upparbetningsavfall från Frankrike

Separerat högaktivt avfall från tidigare upparbetning i Frankrike väntas bli återsänt till Tyskland för slutförvaring fram till 2022. Det är fråga om totalt 166 stora fat av glaskanistrar. Av dessa är 39 redan mellanlagrade i Gorleben.

Ytterligare cirka 300 fat med packat radioaktivt avfall från upparbetningen avvaktar direkt transport till ett slutförvar.

6.4 Schweiz

Enligt den schweiziska kärnenergilagen är det producenterna av radioaktivt avfall som är ansvariga för en säker hantering och slutförvaring av avfallet. Staten är ansvarig för radioaktivt avfall från medicin, industri och forskning, reaktorinnehavarna är ansvar-

iga för använt kärnbränsle (och annat radioaktivt avfall från kärnkraftverken).

1972 inrättades ett nationellt samarbetsorgan (NAGRA) mellan staten och reaktorinnehavarna, för att säkerställa att det radioaktiva avfall som uppkommer i Schweiz tas om hand på ett långsiktigt säkert sätt.

NAGRA lämnade 2002 in en rapport till den federala regeringen som visade att det var möjligt att slutförvara använt kärnbränsle, separerat högaktivt avfall och långlivat medelaktivt avfall i Schweiz. Sedan 2006 bedriver därför NAGRA ett arbete för att finna en lämplig plats för ett slutförvar. Målet är att ett slutförvar ska kunna vara i drift år 2020.

I Schweiz hanteras det radioaktiva avfallet från kärnkraftverk av ZWILAG^{ix}, som ägs av de fyra schweiziska kärnkraftverken. ZWILAG driver sedan 2001 ett centralt mellanlager, ZZL^x, för torr förvaring av högaktivt avfall i Würenlingen. ZWILAG har också anläggningar för förbränning, konditionering och lagring av låg- och medelaktivt radioaktivt avfall.

De schweiziska kärnkraftverken har tidigare upparbetat använt kärnbränsle i Frankrike för användning av MOX- bränsle. Möjligheterna till upparbetning stoppades emellertid genom en skärpning av reglerna i kärnenergilagen^{xi}. Detta stopp gäller från mitten av 2006 och 10 år framåt i tiden. Använt bränsle mellanlagras sedan dess antingen vid respektive kärnkraftverk eller skickas som högaktivt avfall till ZZL för mellanlagring ovan jord.

Schweiz har en nationell fond för hantering av radioaktivt avfall samt en fond för avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar. Varje fond är en egen juridisk person. Reaktorinnehavarna är skyldiga att betala särskilda avgifter till respektive fond^{xii}.

^{ix} Zwischenlager Würenlingen AG.

^x Zentrales Zwischenlager.

^{xi} Jfr art 9.

^{xii} Jfr kap 7 och kap 8 i kärnenergilagen.

6.5 USA – från Yucca Mountain till Blue Ribbon Commission

”Amerikas kärnavfallshanteringsprogram befinner sig i en återvändsgränd”^{xiii}. Så inleder den statliga *Blue Ribbon Commission on America’s nuclear future* sina slutsatser, som presenterades den 26 januari 2012 (8).

Den amerikanska processen för hantering av kommersiellt använt kärnbränsle fick ett bakslag i mars 2009 när licensansökan som hade lämnats in till den amerikanska kärnenergimyndigheten, *US Nuclear Regulatory Commission* (NRC), drogs tillbaka av president Obamas administration. Beslutet att dra tillbaka ansökan innebar att de senaste 25 årens arbete ifrågasattes, och skapade behov av att se på andra alternativ.

Den 29 januari 2010 etablerades en oberoende kommission, *Blue Ribbon Commission*, på presidentens initiativ. Kommissionen fick i uppdrag att genomföra en uttömmande granskning av kärnbränslecykelns slutfas, samt ge förslag till en ny strategi för hantering av använt kärnbränsle och högaktivt radioaktivt avfall.

6.5.1 Bakgrund

Den amerikanska slutförvarsprocessen för använt kärnbränsle har från 1987 i huvudsak byggts på ett koncept, nämligen ett lager i saltgruvor i berget Yucca Mountain i delstaten Nevada. Den amerikanska energimyndigheten, *US Department of Energy* (DoE), rekommenderade att platsundersökningarna skulle begränsas till Yucca Mountain och därefter beslöt kongressen att andra platsundersökningar skulle avbrytas. Detta beslut fastställdes i lagstiftningen *Amendments to the Nuclear Waste Policy Act* (NWPA) 1987.

År 2002 hade kongressen godkänt att en licensansökan för att bygga ett slutförvar för kommersiellt använt bränsle lämnades in, och 2008 lämnade den amerikanska energimyndigheten in tillståndsansökan till kärnenergimyndigheten, NRC, som påbörjade granskningen av ansökan. Det är den amerikanska energimyndigheten, DoE som ansvarar för att planera, bygga och driva mellanlager och ett slutförvar för allt högaktivt avfall i landet, medan

^{xiii} *America’s nuclear waste management program is at an impasse.*

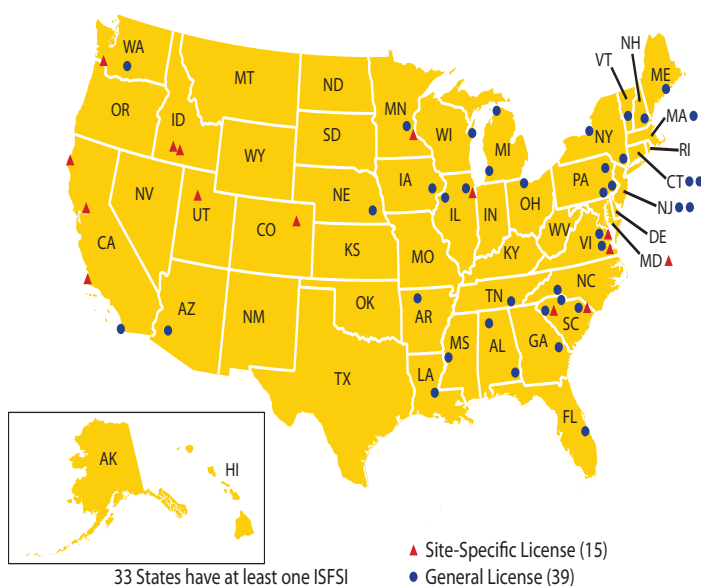
kärnenergimyndigheten NRC är huvudtillsynsmyndigheten för högaktivt avfall och har varit ansvarig för granskningen av ansökan^{xiv}.

Valet av Yucca Mountain som plats för slutförvar av det använda bränslet fick inte stöd i delstaten Nevada och lokaliseringsprocessen var kantad med lokala protester och överklaganden.

Enligt förslaget skulle bränslet förvaras 300 meter ner i berget och 300 meter ovanför grundvattennivån. Bränslet skulle förvaras i behållare som bestod av 5 cm rostfritt stål, täckt med 2 cm tjock nickellegering^{xv}.

För närvarande förvaras det använda kärnbränslet i 39 delstater och på drygt 130 platser i landet, både i torrförvar och i vattenbassänger (se figur 6.1). Det låg- och medelaktiva avfallet tas om hand vid kärnkraftverken.

Figur 6.1: För närvarande finns 54 NRC-licenserade torrförvar för använt bränsle (ISFSIs) i 33 delstater. Därutöver finns 14 nedstängda reaktorer i 9 delstater med använt bränsle i torrt och eller vått förvar (8).



^{xiv} NRC styrs av fem kommissionärer som tillsätts av presidenten och godkänns av senaten. De är tillsatta för en femårsperiod. Kommissionen formulerar gemensamt ställningstaganden, utvecklar lagar som styr kärnreaktor- och kärnmaterielsäkerhet, utverkar tillstånd och dömer i rättsliga frågor.

^{xv} Alloy 22.

6.5.2 Blue Ribbon Commission för America's Nuclear Future

Till följd av president Obamas beslut om att dra tillbaka energimyndighetens ansökan om slutförvar i Yucca Mountain, tillsatte energiministern en ny kärnavfallskommitté, ”*The Blue Ribbon Commission for America's nuclear future*” i februari 2010. Kommittén, som består av forskare, politiker och representanter från industrin, har fått i uppdrag att granska nuvarande policy för hantering av använt kärnbränsle och högaktivt avfall, samt att presentera en ny strategi för att hantera bränslecykelns slutfas. Kommissionen är ansvarig inför den amerikanska energimyndigheten.

Kommittén består av tre underkommittéer som ser på olika aspekter av hanteringen av använt kärnbränsle: ”Reaktor- och bränslecykelteknologi”, ”Transport och förvaring” och ”Avfallshantering”.

Kommitténs omfattande arbete har bland annat inneburit erfarenhetsutbyte med ett stort antal aktörer, både experter och intressenter, genom diskussioner och offentliga möten. Kommissionen har vidare besökt kärnavfallsanläggningar både i USA och utomlands, och som del av detta arbete besökte kommittén Sverige i oktober 2010.

Underkommittéerna presenterade sina preliminära slutsatser under våren 2011, de samlade preliminära slutsatserna presenterades den 29 juli 2011 (8) och kommissionen slutsatser presenterades den 26 januari 2012 (9).

Rapporten innefattar rekommendationer inom följande områden:

- tillvägagångssätt för lokalisering av framtida anläggningar för kärnavfall,
- transport och förvaring av använt kärnbränsle och högaktivt avfall,
- alternativ för avfallshantering,
- institutionella planer för hantering av använt bränsle och högaktivt avfall,
- reaktor- och kärnbränsleteknologier,
- internationella hänsynstaganden.

Kommittén tar inte ställning i följande frågor:

- Yucca Mountains lämplighet som plats för slutförvaret, eller om det var rätt att dra tillbaka tillståndsansökan. Det är kommitténs åsikt att en välgrundad strategi behövs, oavsett vad som händer med Yucca Mountain,
- specifika platser för någon del av avfallssystemet,
- kärnkraftens lämplighet i nationens (eller i världens) framtida energiförsörjning.

Enligt kommittén är alla dessa frågor viktiga och kommer att engagera beslutsfattare och allmänhet framöver. Ingen av dem påverkar dock det akuta behovet av att ändra och förbättra strategin för hanteringen av det högaktiva kärnavfallet och det använda bränsle som redan finns, och som kommer att öka i omfattning så länge kärnreaktorer är i drift.

6.5.3 Kommissionen förslag till strategi

De förslag till strategi som presenterades i slutrapporten innehöll åtta punkter för hanteringen av det högaktiva avfallet och använda bränslet som kommittén betraktar som nödvändiga:

1. Ett nytt tillvägagångssätt för lokaliseringsprocessen som bygger på konsensus
2. En ny organisation som enbart arbetar för att implementera programmet för avfallshantering, och som har den makt och de resurser som behövs för att lyckas
3. Tillgång till de fonder för kärnavfallshantering som skapats genom kärnenergiavgifter
4. Skyndsamma insatser för att utveckla en eller flera geologiska avfallsanläggningar
5. Skyndsamma insatser för att skapa ett eller flera konsoliderade mellanförvar för använt kärnbränsle
6. Skyndsamma insatser för att förbereda en eventuell omfattande transport av använt kärnbränsle och högaktivt kärnavfall till sammanslagna lagrings- och avfallsanläggningar, när sådana blir tillgängliga

7. Stöd för fortsatt utveckling/förnyelse av kärnenergiteknologi i USA och för kontinuerlig utveckling av arbetskraften
8. Aktivt amerikanskt ledarskap i det internationella arbetet för att hantera säkerhet, avfall och icke-spridning.

Kommissionen rekommenderade även avgörande ändringar för hantering av kärnavfallsavgifterna och den amerikanska kärnavfallsfonden.

De allra flesta av dessa rekommendationer kräver omedelbara åtgärder från den amerikanska regeringen och kongressen för att åter få igång det amerikanska slutförvarsprogrammet.

Referenser

1. Magnus Westerlind. IAEA's International Workshop on High Level radioactive Waste Management – Storage and Disposal, Stockholm, Sweden, 29th November – 1 December 2011.
2. The Finnish Disposal Programme – spent fuel management and disposal. Presentation av Jussi Heinonen, Strålsäkerhetscentralen (STUK) under IAEA:s internationella workshop i Stockholm den 29 november 2011.
3. SOU 2009:88. Kärnkraft – nya reaktorer och ökat skadeståndsansvar. Delbetänkande av utredningen om en samordnad reglering på kärnteknik- och strålskyddsområdet. Sid 227–231.
4. R- 00- 36. Vad gör andra länder med sitt använda kärnbränsle, Svensk Kärnbränslehantering AB. ANDRA, 2009 activity report.
5. Reversibility and Retrievability in Geological Disposal of Radioactive Waste. NEA/RWM/RETREV (2001).
6. Loi n° 91- 1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs.
7. Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs.
8. *Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future, Report to the Secretary to the Secretary of Energy*, 26 January 2012.
9. *Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future Draft Report to the Secretary of Energy*, Draft Report to the Secretary to the Secretary of Energy, 29 July 2011.

Kommittédirektiv



Vetenskaplig kommitté med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar m.m. **Dir. 1992:72**

Beslut vid regeringssammanträde 1992-05-27.

Chefen för Miljö- och naturresursdepartementet, statsrådet Johansson, anför.

Mitt förslag

Jag föreslår att en särskild kommitté med vetenskaplig inriktning tillsätts med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar och för att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor.

Bakgrund

I propositionen 1991/92:99 om vissa anslagsfrågor för budgetåret 1992/93 samt om ändringar i den statliga organisationen på Kärnavfallsområdet föreslog regeringen att Statens kärnbränslenämnd läggs ned som egen myndighet och att verksamheten förs över till Statens kärnkraftinspektion. I propositionen anfördes att det vetenskapliga råd -- KASAM -- som finns knutet till Kärnbränslenämnden skulle ges en mer fristående ställning och knytas direkt till Miljö- och naturresursdepartementet som en utredning i stället för att i administrativt hänseende vara knutet till en myndighet.

Riksdagen (1991/92:NU22, rskr.226) har beslutat i enlighet med regeringens förslag till ändrad statlig organisation på kärnavfallsområdet.

En särskild kommitté med vetenskaplig inriktning med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av

kärntekniska anläggningar och med uppgift att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor, bör alltså tillsättas.

Uppdraget

Kommittén bör

- vart tredje år med början år 1992, senast den 1 juni, i ett särskilt betänkande redovisa sin självständiga bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet.
- senast nio månader efter den tidpunkt som anges i 25 § förordningen (1984:14) om kärnteknisk verksamhet redovisa sin självständiga bedömning av det program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som den som har tillstånd att inneha och driva en kärnkraftsreaktor skall upprätta eller låta upprätta enligt 12³ Lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

Kommittén bör även lämna råd i ärenden med anknytning till kärnavfallsområdet till Statens kärnkraftinspektion och Statens strålskyddsinstitut när detta begärs av dem.

I mån av behov och tillgång på medel bör kommittén få företa Utrikes resor för att studera anläggningar och verksamhet inom kärnavfallsområdet samt anordna seminarier kring övergripande frågor inom kärnavfallshanteringen.

Kommittén bör beakta regeringens direktiv till statliga kommittéer och särskilda utredare angående utredningsförslagets inriktning (Dir. 1984:5) samt angående EG-aspekter i utredningsverksamheten (Dir. 1988:43).

Kommittén bör bestå av en ordförande och högst tio andra ledamöter. Den bör också i mån av behov och tillgång på medel få anlita utomstående för särskilda uppdrag.

Ordförande, ledamöter, sakkunniga, experter, sekreterare och annat biträde bör utses för en bestämd tid.

Kommitténs uppdrag skall anses vara slutfört när regeringen beslutat i anledning av en ansökan om slutförvar för använt kärnbränsle och högaktivt kärnavfall i Sverige.

Hemställan

Med hänvisning till vad jag nu har anfört hemställer jag att regeringen bemyndigar chefen för Miljö- och naturresursdepartementet

att tillkalla en särskild kommitté med vetenskaplig inriktning -- omfattat av kommittéförordningen (1976:119) -- med högst elva leda möter med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar och för att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor,

att besluta om ordförande, ledamöter, sakkunniga, experter, sekreterare och annat biträde.

Vidare hemställer jag att regeringen beslutar att kostnaderna skall belasta fjortonde huvudtitelns anslag Utredningar m.m.

Beslut

Regeringen ansluter sig till föredragandens överväganden och bifaller hans hemställan.

Kommittédirektiv



**Tilläggsdirektiv till Kärnavfallsrådet
(M 1992:A**

**Dir.
2009:31**

Beslut vid regeringssammanträde den 8 april 2009

Sammanfattning av uppdraget

Statens råd för kärnavfallsfrågor inrättades genom beslut vid regeringssammanträde den 27 maj 1992 (dir. 1992:72). Rådet, som fortsättningsvis kallas Kärnavfallsrådet, ska utreda och belysa frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar m.m. samt lämna råd till regeringen i dessa frågor. Utöver regeringen är viktiga målgrupper för Kärnavfallsrådet också berörda myndigheter, kärnkraftsindustrin, kommuner, intresserade organisationer samt politiker och massmedier.

Kärnavfallsrådet ska ha en ämnesmässigt bred vetenskaplig kompetensprofil innefattande naturvetenskap, teknik, samhällsvetenskap och humaniora.

Kärnavfallsrådets uppdrag ska anses slutfört när regeringen har beslutat om ett slutförvar för använt kärnbränsle och högaktivt kärnavfall i Sverige.

Dessa direktiv ersätter direktiven från den 27 maj 1992.

Uppdraget

Kärnavfallsrådet ska bedöma Svensk Kärnbränslehantering AB:s forsknings-, utvecklings- och demonstrations-program (Fud-program), ansökningar och övriga redovisningar av relevans för slutförvaring av kärnavfall. Kärnavfallsrådet ska senast nio månader efter det att Svensk Kärnbränslehantering AB i enlighet med 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet har lämnat sitt Fud-program redovisa sin självständiga bedömning av den forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som redovisas i

programmet. Rådet ska även följa det arbete som sker inom avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

Kärnavfallsrådet ska under februari månad varje år fr.o.m. 2010 redovisa föregående års arbete och sin självständiga bedömning av det aktuella läget inom kärnavfallsområdet.

Kärnavfallsrådet ska utreda och belysa viktiga frågor inom kärnavfallsområdet, bl.a. genom utfrågningar och seminarier, och skapa förutsättningar för så väl underbyggda råd till regeringen som möjligt.

Kärnavfallsrådet ska följa utvecklingen av andra länders slutförvarsprogram avseende hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle. Rådet bör även följa och vid behov delta i internationella organisationers arbete i kärnavfallsfrågan.

Dessa direktiv ersätter direktiven från den 27 maj 1992 (dir. 1992:72).

Organisation

Kärnavfallsrådet ska bestå av en ordförande och högst tio andra ledamöter (varav en fungerar som vice ordförande). Ledamöterna ska ha en bred vetenskaplig kompetens inom områden som berör kärnavfallsfrågan. Den kan vid behov och tillgång på medel anlita utomstående för särskilda uppdrag. Ordförande, ledamöter, sakkunniga, experter, sekreterare och annat biträde ska utses för en bestämd tid.

Tidsplan

Kärnavfallsrådets uppdrag ska anses slutfört när regeringen har beslutat om ett slutförvar för använt kärnbränsle och högaktivt kärnavfall i Sverige.

(Miljödepartementet)

Statens offentliga utredningar 2012

Kronologisk förteckning

1. Tre blir två! Två nya myndigheter inom utbildningsområdet. U.
2. Framtidens högkostnadsskydd i vården. S.
3. Skatteincitament för riskkapital. Fi.
4. Kompletterande regler om personuppgiftsbehandling på det arbetsmarknadspolitiska området. A.
5. Högskolornas föreskrifter. U.
6. Åtgärder mot fusk och felaktigheter med assistansersättning. S.
7. Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012 – långsiktig säkerhet, haverier och global utblick. M.

Statens offentliga utredningar 2012

Systematisk förteckning

Socialdepartementet

Framtidens högkostnadsskydd i vården. [2]

Åtgärder mot fusk och felaktigheter med
assistansersättning. [6]

Finansdepartementet

Skatteincitament för riskkapital. [3]

Utbildningsdepartementet

Tre blir två! Två nya myndigheter inom
utbildningsområdet. [1]

Högskolornas föreskrifter. [5]

Miljödepartementet

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012
– långsiktig säkerhet, haverier och global
utblick. [7]

Arbetsmarknadsdepartementet

Kompletterande regler om personuppgifts-
behandling på det arbetsmarknadspolitiska
området [4]

Kärnavfallsrådet (Statens råd för kärnavfallsfrågor) är en oberoende vetenskaplig kommitté som har till uppgift att ge regeringen råd i frågor om kärnavfall och rivning av kärntekniska anläggningar. Rådets ledamöter har sakkunskap inom teknik, naturvetenskap, etik och samhällsvetenskap.

Under februari månad varje år ska Kärnavfallsrådet ge sin självständiga bedömning av det aktuella läget inom kärnavfallsområdet, en så kallad kunskapslägesrapport. Syftet med rapporten är att belysa de frågor som Kärnavfallsrådet anser särskilt relevanta, och klargöra Kärnavfallsrådets synpunkter i dessa.

Årets rapport *"Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012 – långsiktig säkerhet, haverier och global utblick"* identifierar frågor som är omdiskuterade och som är i behov av ytterligare belysning. Dessa frågor är: de tekniska barriärernas funktion under förvarstiden, säkerhetsanalysens roll i olika faser, olyckan i Fukushima-Dai och andra kärnkraftsolyckors påverkan på lagstiftningen, olika länders kärnavfallsprogram samt kärnavfallsdirektivet 2011/70/EURATOM.

Rapporten finns tillgänglig på www.karnavfallsradet.se och kan även beställas hos karnavfallsradet@environment.ministry.se



Fritzes

ett Wolters Kluwer-företag

106 47 Stockholm Tel 08-598 191 90 Fax 08-598 191 91 order.fritzes@nj.se www.fritzes.se

ISBN 978-91-38-23689-5 ISSN 0375-250X

