

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2014

Forskningsdebatt, alternativ och
beslutsfattande

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2014

Forskningsdebatt, alternativ och beslutsfattande

Rapport av Kärnavfallsrådet

Stockholm 2014



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2014:11

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

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

Omslag: Jonas Nilsson, Miljöinformation AB.
Omslagsfoto: Stina Deurell.
Tryckt av Elanders Sverige AB.
Stockholm 2014

ISBN 978-91-38-24078-6
ISSN 0375-250X

Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet

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

I februari varje år ger Kärnavfallsrådet sin självständiga bedömning av det aktuella läget inom kärnavfallsområdet. Bedömningen presenteras i form av en kunskapslägesrapport.

Syftet med rapporten är att uppmärksamma och beskriva frågor som Kärnavfallsrådet anser viktiga och att redogöra för rådets synpunkter i dessa.

Kärnavfallsrådet överlämnar härmed årets kunskapslägesrapport till regeringen (den fjortonde i ordningen) "Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2014. Forskningsdebatt, alternativ och beslutsfattande"(SOU 2014:11).

Bakom denna rapport står samtliga ledamöter och sakkunniga i Kärnavfallsrådet. Rapporterna om kunskapsläget på kärnavfallsområdet åren 1998, 2001, 2004, 2007, 2010, 2011, 2012 och 2013 finns även tillgängliga i en engelsk version. Rådet kommer att ge ut en engelsk översättning av årets rapport under våren 2014.

Stockholm, 14 februari 2014

Carl Reinhold Bråkenhielm
Ordförande

Holmfridur Bjarnadottir
Kanslichef

Ledamöter

Carl Reinhold Bråkenhielm (ordförande), professor emeritus i empirisk livsåskådningsforskning, Uppsala universitet

Karin Högdahl (vice ordförande), docent i geologi, Uppsala universitet

Lena Andersson-Skog, professor i ekonomisk historia, Umeå universitet

Willis Forsling, professor emeritus i oorganisk kemi, Luleå tekniska universitet

Sophie Grape, forskare på avdelningen för tillämpad kärnfysik, Uppsala universitet

Mats Harms-Ringdahl, professor i strålningsbiologi, Stockholms universitet

Tuija Hilding-Rydevik, professor i mark- och vattenresurser med inriktning på MKB, Sveriges Lantbruksuniversitet, föreståndare för Centrum för biologisk mångfald

Lennart Johansson, adjungerad professor i 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 i energisystemteknik, Chalmers tekniska högskola

Sakkunniga

Hannu Hänninen, professor i maskinteknik, Aalto universitet

Ingvar Persson, f.d. chefsjurist på Statens kärnkraftinspektion

Kansli

Holmfridur Bjarnadottir, kanslichef

Peter Andersson, kanslisekreterare

Johanna Swedin, biträdande kanslisekreterare

Innehåll

1	Inledning.....	9
1.1	Kärnavfallsrådets arbete 2013.....	9
1.2	Kärnavfallsrådets framtida arbete.....	10
1.3	Innehållet i årets kunskapslägesrapport.....	11
1.3.1	Vetenskapliga kontroverser inom kärnavfallsfrågan och alternativfrågan.....	11
1.3.2	Kvarstående frågor om de tekniska barriärerna	12
1.3.3	Internationell satsning på samhällsvetenskaplig forskning	12
1.3.4	Kommunalt beslutfattande i kärnavfallsfrågan	13
1.3.5	Finansiering av kärnkraftens restprodukter.....	13
2	Vetenskapliga kontroverser i kärnavfallsfrågan	15
2.1	Kontroversen kring Dry Rock Deposit (DRD)-metoden	18
2.2	Kontroversen kring klor-36 i Yucca Mountain.....	24
2.3	Tillämpning på den svenska kontroversen om kopparkorrosion	28
3	Kunskapsläget om djupa borrhål	33
3.1	Inledning.....	33
3.2	För- och nackdelar med kärnavfallsdeponering i djupa borrhål	33
3.3	Kunskap från europeiska djupborrningsprojekt	34
3.4	Borrning av djupa borrhål.....	35

3.5	Kunskap från datorsimuleringar.....	36
3.6	Slutsats	37
4	Kunskapsläget om framtida kärnbränslecykler och Generation IV system för Sverige	39
4.1	Möjlig upparbetning och återvinning av kärnbränsle för Sverige	39
4.2	Att hushålla med resurserna eller minska avfallsmängderna?	42
4.3	Pågående forskning om bränsleupparbetning och Generation IV teknologi med relevans för Sverige	42
4.4	Identifierade forskningsbehov för Generation IV i Sverige	44
5	Korrosion, erosion och bergspänningar – nya insikter om slutförvarets långsiktiga säkerhet	47
5.1	Korrosion av kopparkapseln, väteabsorption och krypning.....	48
5.2	Erosion av bentonitbuffert och återfyllning samt bergspänningars inverkan på hållfastheten	53
5.3	Energiutveckling i slutförvaret	56
5.4	Kärnavfallsrådets sammanfattande synpunkter.....	57
6	Samhällsvetenskaplig forskning i ett internationellt perspektiv	63
6.1	Inledning.....	63
6.2	En europeisk projektbakgrund.....	64
6.2.1	Cowam-projekten	64
6.2.2	Från RISCOM till MoDeRn	65
6.3	Pågående europeiska projekt	67
6.3.1	InSOTEC	67
6.4	Planerade europeiska projekt.....	68

6.4.1	Tekniska plattformar i Europa.....	68
6.4.2	Platenso	69
6.5	Aktiviteter inom ramen för OCED:s Nuclear Energy Agency (NEA).....	70
6.5.1	Forum on Stakeholder Confidence	70
6.5.2	Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (RK&M)	71
6.6	Slutsatser för Sveriges del av de internationella projekten.....	72
7	Det kommunala vetot i samband med regeringens prövning av miljöfarlig verksamhet	75
7.1	Inledning.....	75
7.2	Fysisk riksplanering.....	75
7.3	Bestämmelser om särskild lokaliseringsprövning och kommunalt veto i 136 a § byggnadslagen	76
7.4	Det kommunala inflytandet enligt naturresurslagen.....	79
7.5	Vetoventilen införs	79
7.6	Bestämmelserna enligt miljöbalken	81
7.6.1	Regeringens obligatoriska tillåtighetsprövning	82
7.6.2	Tillåtighetsprövning efter förbehåll.....	83
7.6.3	Prövningsplikten gäller viktiga samhällsintressen	84
7.6.4	Särskilda villkor för verksamheten	85
7.6.5	Utöver tillåtighetsprövningen krävs tillstånd	85
7.6.6	Högsta förvaltningsdomstolen kan rättspröva regerings beslut	86
7.6.7	Det kommunala vetot och vetoventilen.....	86
7.7	Förutsättningar för regeringen att bortse från ett kommunalt veto	87
7.8	Slutsatser.....	87

8	Finansiering av kärnkraftens restprodukter	91
8.1	Inledning.....	91
8.2	Utgångspunkterna för den finansiella regleringen.....	93
8.2.1	Den som genererat avfallet ska bära allt ansvar och alla kostnader.....	93
8.2.2	Statens sistahandsansvar	94
8.2.3	Utredningen om radioaktivt avfall (AKA-utredningen)	96
8.2.4	Lagen (1981:669) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. – finansieringslagen.....	98
8.2.5	Senare kompletteringar av finansieringslagen	99
8.2.6	Riksdagens principiella ställningstagande.....	101
8.3	Kostnadsberäkningar	104
8.3.1	Osäkerheter vid kostnadsberäkningar	104
8.3.2	Diskonteringsräntan – en viktig faktor vid beräkning av kärnavfallsavgiften	107
8.4	Slutsatser	108

Bilagor

Bilaga 1	Kommittédirektiv 1992:72	111
Bilaga 2	Tilläggsdirektiv 2009:31	115

1 Inledning

Under 2013 har det skett en del förändringar i Kärnavfallsrådets sammansättning. Regeringen utsåg i juni 2013 Carl Reinhold Bråkenhielm till ordförande efter Torsten Carlsson. Ledamot Karin Högdahl utsågs i sin tur till vice ordförande. Under hösten fick rådet en ny ledamot, Sophie Grape, som är forskare inom kärnfysik vid Uppsala universitet.

1.1 Kärnavfallsrådets arbete 2013

Arbetet har under 2013 till stor del handlat om den pågående granskningen av Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) ansökan om tillstånd för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall. Rådet lämnade sina synpunkter till Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt den 27 september med förtydliganden av tidigare inlämnade synpunkter på behov av kompletteringar av ansökan: *Yttrande över Svensk kärnbränslehantering AB:s (SKB) svar på Kärnavfallsrådets yrkanden på kompletteringar av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall (M 1333-11)*. Bland synpunkterna återkommer flera av de frågor som rådet tidigare uppmärksammat. Framför allt när det gäller ansökan som beslutsunderlag och att underlaget som lämnades till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) som del av prövningen enligt kärntekniklagen är mer omfattande än det underlag som mark- och miljödomstolen fått för prövning enligt miljöbalken.

Rådet har under året följt aktuella forskningsfrågor på kärnavfallsområdet och anordnade ett internationellt vetenskapligt symposium i november 2013 om funktionen hos de tekniska barriärerna enligt KBS-3-metoden, dvs. kopparkapslarna och bentonitleran. Symposiet följde upp Kärnavfallsrådets seminarium 2009,

som behandlade frågan om koppar kan korrodera i rent syrefritt vatten.

Rådet har under året ökat dialogen med riksdagens partigrupper och utskott genom att bjuda in till informationssamtal om kärnavfallshantering, och det arbetet kommer att fortsätta under 2014. Rådet har även genomfört en undersökning bland riksdagens ledamöter för att få information om nuvarande kunskap om slutförvaring av radioaktivt avfall och använt kärnbränsle. Syftet är bland annat att ta reda på vilka informationsinsatser som önskas. Resultaten från denna undersökning kommer att redovisas under våren 2014.

Den internationella dialogen är en viktig del av Kärnavfallsrådets verksamhet. Under året har rådet bland annat utbytt information med organisationer i andra länder, besökt Nuclear Decommissioning Authority (NDA), i Harwell, England och genom sina ledamöter representerats vid olika internationella konferenser. Rådet har även aktivt deltagit inom OECD:s kärnenergiorgans (Nuclear Energy Agency) arbete i samband med hantering av kärnavfall, framför allt i en expertgrupp som arbetar med frågor som rör bevarande av kunskap om kärnavfall under flera generationer (RK&M) och i arbetsgruppen Forum on Stakeholder Confidence, där rådets kanslichef är ordförande.

1.2 Kärnavfallsrådets framtida arbete

Miljöministern har vid det årliga mötet med rådet uttryckt sina förväntningar på och önskemål om att rådet fortsätter att utreda och klarlägga frågor om kärnavfall för en bred målgrupp, vilket i praktiken betyder berörda myndigheter, kärnkraftsindustrin, utvalda kommuner, intresseorganisationer samt politiker och massmedier. Departementet anser även att det är viktigt att följa utvecklingen av hanteringen av kärnavfall och använt bränsle i andra länder.

Frågan om hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle kräver politiska beslut på nationell och kommunal nivå. Regeringen fattar det slutgiltiga beslutet efter SSM:s granskning och mark- och miljödomstolens ställningstagande. Kommunerna har en nyckelroll i processen och kommer att ha möjlighet att använda sin vetorätt mot ett slutförvar och en inkapslingsanläggning inom sina gränser.

SKB:s ansökan berör svårtillgängliga och svårbedömda frågor av teknisk, naturvetenskaplig, samhällsvetenskaplig och etisk karaktär. Slutförvarsfrågan förutsätter kompetensuppbyggnad och långvarig insats och engagemang bland beslutfattare. En av Kärnavfallsrådets huvuduppgifter är att stödja nationella och lokala beslutsfattare i deras uppgift genom att belysa de frågor som anses viktiga. Rådet vill i sitt framtida arbete tydligare kommunicera med dessa beslutsfattare genom seminarier och andra former av regelbundet återkommande kontakter.

1.3 Innehållet i årets kunskapslägesrapport

Årets kunskapslägesrapport återspeglar rådets arbete under 2013. Följande områden har uppmärksammats:

1.3.1 Vetenskapliga kontroverser inom kärnavfallsfrågan och alternativfrågan

Rapporten inleds med ett reflekterande kapitel om hanteringen av vetenskapliga kontroverser inom kärnavfallsfrågan. Här diskuterar rådet frågor om den naturvetenskapliga forskningens betydelse för samhällsutvecklingen med exempel på hur vetenskaplig osäkerhet och oenighet inom kärnavfallsfrågan har hanterats.

I kapitel 3 och 4 finns en uppdatering av tidigare uppmärksammade frågor som handlar om forskningsläget när det gäller två alternativa metoder för att hantera använt kärnbränsle: djupa borrhål och upparbetning av använt kärnbränsle i samband med utveckling av nya reaktortekniker.

Kapitel 3, *Kunskapsläget om djupa borrhål*, återger status över nuvarande forskning och utveckling av metoden djupa borrhål.

Kapitel 4, *Kunskapsläget om framtida kärnbränslecykler och Generation IV-system för Sverige*, återkopplar till rådets seminarium 2012 med temat återvinning av det använda kärnbränslet. Rådet reflekterar bland annat över möjligheter och begränsningar med upparbetning och återvinning av använt kärnbränsle och möjliga implikationer av införandet av framtida kärnkraftssystem.

1.3.2 Kvarstående frågor om de tekniska barriärerna

Kapitel 5 belyser frågan om KBS-3-förvarets långsiktiga säkerhet. Kapitlet har som utgångspunkt de nya forskningsrön som presenterades på Kärnavfallsrådets internationella symposium om de tekniska barriärerna den 20–21 november 2013 och den diskussion som ägde rum bland forskare och åhörare. Fokus låg på hur samspillet mellan barriärerna förväntas fungera i en slutförvarsmiljö på såväl kort som lång sikt. Kopparkapselns långsiktiga integritet hotas av bl.a. korrosion, krypning (långsam deformation av metallen) och väte-försprödning genom absorption av vätgas. Bentonit i form av kompakterade block och pellets har en nyckelroll i deponeringshål och återfyllning. En tät barriär ska bildas genom att bentoniten absorberar grundvatten och sväller. De viktigaste hoten består av erosion och förändringar i bentoniten på grund av temperaturskillnader mellan kapsel och omgivande berg. Både kopparkapselns och bentonitbuffertens egenskaper diskuterades, inte minst vilken förmåga bentoniten har att skydda kopparkapseln under de varierande miljöbetingelser som förväntas råda under slutförvarstiden.

1.3.3 Internationell satsning på samhällsvetenskaplig forskning

Kapitel 6 ger en översikt av avslutade, pågående och planerade forskningsprojekt inom det samhällsvetenskapliga och humanistiska området relaterade till hanteringen av kärnavfall.

Inom det samhällsvetenskapliga och humanistiska fältet finns idag en omfattande europeisk forskningsverksamhet med flera intressanta och målstyrda initiativ inom ramen för Euratoms sjunde ramprogram för forskning, OECD Nuclear Energy Agency och Europeiska kommissionen.

De forskningsprojekt som finansierats av Europeiska kommissionens forskningsprogram har varit tillämpade projekt med syfte att bidra till en lösning av avfallsfrågan genom att öka förståelsen för olika aktörers roll i processen och möjligheter till deltagande i beslutsprocessen.

NEA:s arbete har omfattat ett utbyte av erfarenheter i kommittéer och expertgrupper som bestått av deltagare från nationella myndigheter, organisationer och kärnkraftsindustrin såväl som forskare inom samhällsvetenskap och humaniora.

Redovisningen är inte fullständig, men har ambitionen att kortfattat ta upp och beskriva den viktigaste pågående verksamheten internationellt och i Europa utifrån ett svenskt perspektiv.

1.3.4 Kommunalt beslutfattande i kärnavfallsfrågan

Kapitel 7 beskriver det juridiska regelverket för kommunalt veto i samband med regeringens prövning av miljöfarlig verksamhet. Kapitlet ger en bakgrund till reglerna om det kommunala inflytandet i den fysiska riksplaneringen från slutet av 1960-talet, bestämmelser om kommunalt veto mot regeringsprövning i byggnadslagen, kommunalt inflytande enligt naturresurslagen och bestämmelser enligt miljöbalken. Slutligen diskuteras också förutsättningarna för kommunalt veto.

1.3.5 Finansiering av kärnkraftens restprodukter

Rapportens sista kapitel (kapitel 8) handlar om finansieringen av framtida kostnader för hantering och slutförvaring av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Diskussionen har nyligen aktualiserats i samband med Strålsäkerhetsmyndighetens översyn av finansieringssystemet som genomfördes på regeringens uppdrag och överlämnades den 4 juni 2013. Kapitlet beskriver själva systemet för finansiering av rivning och avfallshantering samt presenterar en diskussion om grunderna till och utformningen av finansieringen.

2 Vetenskapliga kontroverser i kärnavfallsfrågan

Naturvetenskapen är det nutida samhällets grundval, telekommunikation, transporter, medicin och jordbruk är några exempel på tillämpningsområden. Vetenskaplig forskning driver på utvecklingen och vetenskapliga experter efterfrågas i kommersiella projekt och statliga utredningar. ”Forskning av hög kvalitet kan bättre bidra till medborgarnas välfärd, samhällets utveckling, näringslivets konkurrenskraft och en hållbar utveckling” skrev regeringen i sin forskningsproposition 2012. Forskningsberoende samhällsprojekt stimuleras och utvecklas av nya kunskaper och upptäckter, forskningspropositionen ger några intressanta exempel på det:

Flemings upptäckt av penicillinet, Bantings och Bests upptäckt av insulin, transistorns utveckling, tolkningen av Rosettastenen, Niels Bohrs teori om hur elektronerna cirklar runt en kärna i fasta banor, Arvid Carlssons upptäckter i fråga om signalsubstanser i nervsystemet som i sin tur ledde till läkemedel mot Parkinsons sjukdom är exempel på nydanande forskning där forskarna såg lösningar där ingen hade sett dem tidigare. Det är banbrytande insatser som har omformat vår tillvaro och som varit av stor betydelse för samhälle och näringsliv.¹

SKB:s Fud-program² ger exempel på hur mindre spektakulära vetenskapliga upptäckter och kunskaper vägleder utformningen av ett framtida slutförvar. Ett exempel är Greenland Analogue Project (GAP), som kommer att ge ökade kunskaper om hur ett djupt istäcke påverkar grundvattenrörelser och vattenkemin i ett slutförvar under istidsperioder.³

¹ Proposition 2012/13:30. *Forskning och innovation*, s 15.

² Fud-programmet är en redovisning av Svensk Kärnbränslehantering AB:s program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för slutförvaring och hantering av kärnavfall.

³ SKB (2013), Fud-program 2013. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.

Den naturvetenskapliga forskningens betydelse för samhällsutvecklingen i allmänhet och för slutförvarsprojektet i synnerhet är uppenbar. Samtidigt finns det två faktorer i forskningsutvecklingen som vid upprepade tillfällen skapar problem för den samhälleliga och politiska tillämpningen. Det är vetenskaplig osäkerhet kring resultaten och oenighet om vad de innebär, det visar t.ex. debatten om klimatfrågan. Vetenskapliga osäkerheter och kontroverser skapar också problem när en bredare allmänhet ska orientera sig i diskussionen om hanteringen av använt kärnbränsle.

Ett exempel är diskussionen om de kopparkapslar som ska innesluta det använda kärnbränslet enligt SKB:s KBS-3-koncept. Under senare år har vissa forskningsresultat indikerat att koppar korroderar i rent syrefritt vatten och Kärnavfallsrådet har behandlat denna fråga i kunskapslägesrapporter och vetenskapliga seminarier. En målsättning har varit att bidra till en lösning av den vetenskapliga kontrovers som präglade diskussionen under de senaste åren. Vid det senaste symposiet redovisades nya kunskaper från olika laboratorieförsök (se vidare kapitel 5 i denna rapport). Den efterföljande diskussionen visar att de olika parterna tolkar dessa resultat olika beroende på vilka ståndpunkter de intagit tidigare.

I detta sammanhang kan det vara fruktbart att jämföra den vetenskapliga kontroversen i kopparkorrosionsfrågan med några andra vetenskapliga kontroverser kring hanteringen av använt kärnbränsle. Det finns en hel del relevant forskning och SKB:s samhällsvetenskapliga forskningsprogram 2004–2011 har bidragit med ny kunskap t.ex. inom området beslutsprocesser-governance.^{4,5} Ett exempel är diskussionen om det använda kärnbränslet som resurs eller avfall, som behandlas i en rapport av Arne Kaijser och Per Högselius.⁶ Denna diskussion berör frågan om kärnkraftens risker och möjligheter och återuppväcker därmed frågor som stod i den svenska politiska debattens centrum på 1970- och 80-talet. Annan samhällsvetenskaplig forskning som tangerar frågan om vetenskapliga stridsfrågor inom naturvetenskapen är forskarna Mats Andréns och Urban Strandbergs antologi *Kärnavfallens politiska utmaningar* (2005)⁷, t.ex. ett kapitel författat av Evert Vedung⁸.

⁴ SKB (2009), *Samhällsforskningen 2004–2009 Teman, resultat och reflektioner*.

⁵ Söderberg, O. (2012), *SKB:s program för samhällsforskning 2004–2011. En utvärdering*. SKB, P-12-14.

⁶ Kaijser, A. och Högselius, P. (2007), *Resurs eller avfall? Politiska beslutsprocesser kring använt kärnbränsle*. SKB, R-07-37.

⁷ Andréns, M. och Strandberg, U. (red.) (2005), *Kärnavfallens politiska utmaningar*.

⁸ Vedung, E. (2005), "Det högaktiva avfallens väg till den rikspolitiska dagordningen" i Andréns, M. och Strandberg, U. (red.)

En mer personligt hållen beskrivning av det dramatiska mötet mellan kärnkraft och politik kan man finna i KTH-professorn Karl-Erik Larssons självbiografi *Vetenskap i kärnkraftens skugga* (2000)⁹. I sitt förord skriver han följande:

Under de fem decennierna, 1950–2000, har vetenskap, teknik, politik och olika världsåskådningar kommit att sammanflätas i det mest kontroversiella högteknologiska projekt, som utvecklats efter andra världskriget, och som kom att gå under samlingsbeteckningen KÄRNKRAFT. Mitt liv har kommit att sugas in i kraftfältet mellan framstegstroende optimister och framstegsförnekande pessimister. Som alptoppar över det ödsliga peneplan, där åsiktsstriderna utkämpats, reser sig de vetenskapliga forskningsarenorna i fysik, på vilka logik, skaparkraft och fantasi härskat.¹⁰

Citatet antyder ett viktigt perspektiv också på den pågående kontroversen om kopparkorrosion. Naturligtvis går det inte att på något enkelt sätt dela in förespråkare och motståndare till KBS-3-metoden i framstegstroende optimister och framstegsförnekande pessimister. Däremot finns det anledning att vara öppen för att utomvetenskapliga faktorer påverkar och förstärker inomvetenskapliga motsättningar.

I detta sammanhang ska vi kort beskriva två andra vetenskapliga kontroverser kopplade till kärnavfallsfrågan och jämföra dessa med den pågående kontroversen om kopparkorrosion. Det är långtifrån en uttömmande jämförelse och kanske snarare ett utkast till ett flervetenskapligt forskningsprogram om naturvetenskap i kärnavfallets skugga. I anslutning till dessa bägge exempel ska vi diskutera några mer teoretiska frågor, men utrymmet tillåter inte ett mer omfattande teoretiskt perspektiv på det komplicerade växelspelet mellan vetenskap, teknik, politik och olika världsåskådningar.

Det bör också framhållas att urvalet delvis är godtyckligt och att det finns andra kontroverser som skulle kunna uppmärksammas. Ett insteg i den mer omfattande diskussionen om den amerikanska utvecklingen är ett nyutkommet arbete av miljöforskarna William och Rosemarie Alley med titeln *Too Hot to Touch: The Problem of High-Level Nuclear Waste* (2013)¹¹. Boken ger också ett bidrag till beskrivningen av relationen mellan naturvetenskap och politik. Det finns särskild anledning att strax återvända till denna bok.

⁹ Larsson, K.-E. (2000), *Vetenskap i kärnkraftens skugga*.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Alley, W. och Alley, R. (2013), *Too Hot to Touch: the Problem of High-Level Nuclear Waste*.

2.1 Kontroversen kring Dry Rock Deposit (DRD)-metoden

Det första exemplet handlar om metodvalet, dvs. frågan om hur det använda kärnbränslet ska hanteras på ett säkert sätt. Kärnavfallsrådet har i olika sammanhang belyst alternativ till KBS-3-metoden, t.ex. djupa borrhål, som innebär en deponering av kärnbränslet i borrhål 3–5 kilometer under markytan.^{12,13} Djupa borrhål har bl.a. uppmärksammats av Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG).

Rådet har granskat detta alternativ vid ett särskilt seminarium och följt upp detta seminarium med en studie av professor Karl-Inge Åhäll¹⁴. Den senaste utvecklingen behandlas i ett särskilt bidrag till denna rapport (se kapitel 3). Under senare år har rådet också bidragit till att uppmärksamma ett annat alternativ, nämligen upparbetning och återanvändning av använt kärnbränsle i nya reaktorer. Ett särskilt seminarium arrangerades hösten 2012 och alternativet är föremål för ytterligare uppmärksamhet i kunskapslägesrapporten 2013¹⁵ och i föreliggande rapport (se kapitel 5).

Utöver djupa borrhål och återanvändning av använt kärnbränsle i nya reaktorer, finns också en annan och mindre uppmärksammat vetenskaplig kontrovers om DRD-metoden. *DRD* är en förkortning av Dry Rock Deposit och innebär ett torrt förvar nära markytan. I en aktbilaga till Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt (281 i akt M 1333-11)¹⁶ beskrivs metoden på följande sätt av docent Nils-Axel Mörner (tidigare föreståndare för enheten för paleogeofysik och geodynamik vid Stockholms universitet):

¹² Kärnavfallsrådet (2007), *Djupa borrhål – Ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle?* Rapport 2007:6.

¹³ SOU 2007:38, *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2007 – nu levandes ansvar, framtida generationers frihet*. Kärnavfallsrådet.

¹⁴ Åhäll, K.-I. (2011), *Deponeringsdjupets betydelse vid slutförvaring av högaktivt kärnavfall i berggrunden, en karakterisering av grunda och djupa slutförvar*.

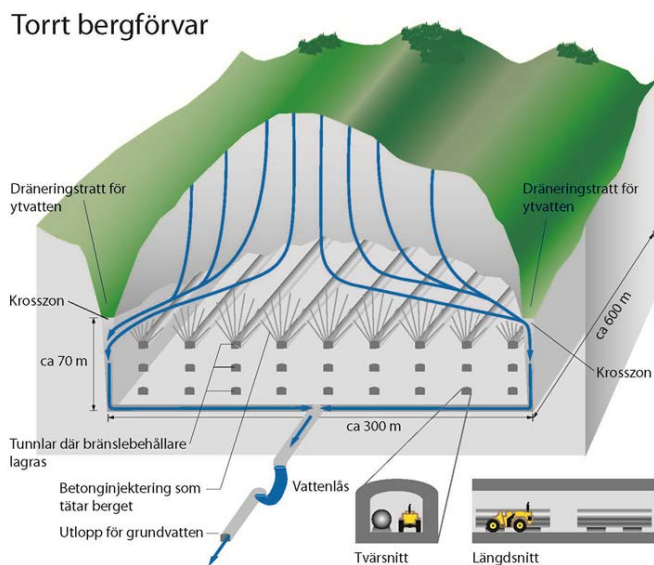
¹⁵ SOU 2013:11, *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013. Slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet.

¹⁶ Mark- och miljödomstolen, M1333-11. Aktbilaga 281, Mörner, N.-A., *Dry Rock Deposit*.

Ett DRD-förvar är en torr förvaring ovanför grundvattenytan. Berget dräneras genom artificiella krosszoner. Förvaret läggs i ett område med hög relief (helst långt ifrån kusten). Tillfartstunneln stängs effektivt, men avfallet förblir tillgängligt och kontrollerbart (även genom kontinuerlig registrering av parametrar som strålning och korrosion).¹⁷

Som framgår av Milkas yttrande till mark- och miljödomstolen (aktbilaga 143)¹⁸ utgör DRD-metoden ett tillgängligt och kontrollerbart alternativ till KBS-3-metoden. Metoden redovisas ingående av Nils-Axel Mörner, i figuren visar vi några av huvudpunkterna:

Figur 2.1 DRD-metoden



Källa: Aktbilaga 281. Dry Rock Deposit. Ett senare utformningsförslag. Omarbetad av Jonas Nilsson, Miljöinformation AB.

Det bör framhållas att DRD-metoden enligt aktbilaga 281 kan utformas på olika sätt, dvs. antingen som ett så kallat nollalternativ, ett nytt mellanlager, ett långtidslager fram till nästa istid eller som

¹⁷ Mörner, N.-A. (2003), *Paleoseismicity of Sweden: A Novel Paradigm*, s. 10.

¹⁸ Mark- och miljödomstolen vid Nacka Tingsrätt, M1333-11. Aktbilaga 143. Milkas yttrande om SKB AB:s ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen till anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall.

ett slutförvar. Liknande metoder i USA (t.ex. negotiated, monitored, retrievable, storage facilities, NMRS) är avsedda som mellanlager i cirka 100 år.^{19,20} Det gäller även torra förvar (dry cask storage) som redan förekommer i USA.

Enligt Mörners yttrande till mark- och miljödomstolen (aktbilaga 281) är KBS-3-metoden oacceptabel framför allt av tre skäl. För det första kommer kopparkapslarna att korrodera, för det andra finns det risk för metangasexplosioner efter nästa istid och för det tredje är det hög sannolikhet att ett KBS-3-förvar kommer att skadas av framtida jordbävningar. Riskerna för metangasexplosioner och jordbävningar klargörs mer grundligt i aktbilaga 143 och 282²¹, men framfördes redan 2003 i Nils-Axel Mörners arbete *Paleoseismicity in Sweden – a Novel Paradigm*²². Där framförs belägg för att det svenska urberget utsatts för metangasexplosioner av vilka den sista skulle varit för cirka 2000 år sedan och då skapat en 20 meter hög tsunamivåg. Under högt tryck och låg temperatur övergår metanet i berget till metanis, och denna metanis övergår explosivt i gasform när temperaturen stiger igen efter istiden.

Vi ska först behandla SKB:s invändningar mot DRD-metoden och därefter SKB:s kommentarer till Mörners kritik mot KBS-3-metoden. SKB behandlade DRD-alternativet (som ett långtidslager) i en komplettering till Fud-programmet 1998 (2000)²³. Där beskrivs och avvisas metoden på följande sätt:

I DRD-konceptet placeras behållare med bränsle i ett självdränerande bergtrum som byggs i en bergformation som skjuter upp över en omgivande dalsänka ... Efter deponering stängs bergtrummet. Inga insatser krävs för länsumpning eller kylning. Tanken är att minimera behovet av underhåll och övervakning så att lagringen kan ske under lång tid.

Osäkerheterna som är förknippade med de system för torr lagring som finns i drift, gäller även för DRD. Höga temperaturer och närvaro av syre gör att det kan bli svårt att visa att behållarna förblir täta under tusentals år.²⁴

¹⁹ Schrader-Frechette, K. (1993), *Burying Uncertainty. Risk and the Case against Geological Disposal of Nuclear Waste*. Berkeley.

²⁰ Alley, W. och Alley, R. (2013), kap. 8, kap. 9.

²¹ Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt, M1333-11. Aktbilaga 282. Mörner, N.-A., *Collapse of the Methodology applied in Sweden and Finland for the Deposition of High-level Nuclear Waste*.

²² Mörner, N.-A. (2003).

²³ SKB (2000), *Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningskedet*, [Fud-K], s 55.

²⁴ Ibid., s. 55.

DRD-konceptet behandlas också i SKB:s ansökan om slutförvar enligt kärntekniklagen i bilaga MV. Skillnaden till bedömningen i Fud-K 2000 är att bränslebehållarna antas utformade så att de förblir opåverkade under lagringstiden. SKB bedömer också att DRD-metoden (om den fungerar som det är tänkt) blir den minst resurskrävande varianten av övervakad lagring, men att någon form av övervakning ändå behövs (t.ex. för att motverka olovlig befattning med det använda bränslet) liksom ett visst underhåll. Av denna anledning avvisas metoden.

Långvarig våt och torr lagring kräver löpande kontroll och underhåll. Även DRD-konceptet kräver övervakning och någon form av underhåll. Därmed uppfyller ingen av metoderna kärntekniklagens krav på slutförvaring av använt kärnbränsle, det vill säga att slutförvaret ska ge den erforderliga säkerheten utan övervakning och underhåll.²⁵

Detta SKB-argument mot DRD-metoden är hållbart under förutsättning att kärntekniklagen verkligen endast godkänner en slutförvaringsmetod som inte kräver övervakning och underhåll och om DRD-metoden verkligen kräver övervakning och underhåll i den mening som lagen avser. Detta är en juridisk fråga, som inte borde vara särskilt svår att avgöra. Denna del av kontroversen skulle med andra ord ha goda förutsättningar att övervinnas.

Den vetenskapliga kontroversen kring DRD-metoden gäller i första hand de anförda skälen mot KBS-3-metoden, dvs. risken för postglaciala metanexplosioner och för jordbävningar under den långa tidsperiod (dvs. minst 100 000 år) som krävs för att skydda människor och liv från det använda kärnbränslets radioaktiva strålning. Jordbävningsrisken behandlas utförligt i SKB:s ansökan enligt kärntekniklagen.²⁶ Där framgår bl.a. att SKB med hänvisning till olika forskningsresultat ingalunda bestrider att det kan bli omfattande postglaciala jordbävningar.²⁷

[T]he induced instability following the disappearance of the stabilising ice cover is likely to have triggered release of tectonic strain energy accumulated over periods of time much longer than one glacial cycle. This would mean that the large postglacial earthquakes were powered mainly by tectonic stresses, but triggered by endglacial instability.

²⁵ SKB (2011), *Ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet till uppförande, innehav och drift av en kärnteknisk anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall, bilaga MV*, s.56.

²⁶ SKB (2010), *Geosphere process report for the safety assessment SR-Site*, TR-10-48, s. 87.

²⁷ Lagerbäck, R. et al. (2005), *Forsmark site investigation. Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Forsmark region. Results from 2002–2004*. SKB. R-05-51.

There is also agreement that the fault displacements took place as a reactivation of existing fracture zones rather than new fracturing.²⁸

Den för slutförvarets säkerhet relevanta frågan är ju om nya bergsprickor kan befaras till följd av seismiska aktiviteter i slutförvaret eller dess omedelbara närhet. Så förefaller enligt SKB inte vara fallet. Därmed skulle ett av den aktuella aktbilagans tyngsta skäl mot KBS-3-metoden bortfalla. Det andra skälet – risken för postglaciala metanexplosioner – behandlas inte i SKB:s ansökan. Klarhet i denna fråga skulle kunna bidra till att bilägga den aktuella vetenskapliga kontroversen.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att den aktuella kontroversen åtminstone handlar om två olika saker. För det första handlar det om tolkningen av kärntekniklagen och om det påstådda kravet att ett slutförvar ska vara säkert även utan kontroll och underhåll. Det bör då framhållas att något sådant krav inte återfinns i kärntekniklagen. Däremot finns det i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter en paragraf som föreskriver att "[s]äkerheten efter en förslutning av ett slutförvar ska upprätthållas genom ett system av passiva barriärer".²⁹ Detta kan tolkas som ett krav på att barriärerna inte ska kräva övervakning och underhåll, men det kräver ett utförligare resonemang. Förespråkarna för ett DRD-förvar (i betydelsen av ett slutförvar) skulle kunna göra gällande att det kan utformas så att det utnyttjar passiva säkerhetsfunktioner så långt det är möjligt³⁰ och dessutom tillägga att det på ett lättare sätt än ett KBS-3-förvar gör övervakning och kontroll möjlig.

För det andra aktualiserar kontroversen vissa empiriskt geologiska frågor om förekomsten av postglaciala metanexplosioner och jordbävningar. Den första frågan är av juridisk karaktär och borde kunna avgöras genom en analys av kärntekniklagen och dess förarbeten. Den andra frågan är av empirisk-naturvetenskaplig karaktär: Kan postglaciala metangasexplosioner av den karaktär som Nils-Axel Mörner beskriver beläggas på ett tillförlitligt sätt? Och om så är fallet, vilken betydelse har sådana seismiska förlopp för det planerade slutförvaret i Forsmark och dess långsiktiga säkerhet?

Titeln på Mörners arbete *Paleoseismicity in Sweden - a Novel Paradigm* (2003) är en hänvisning till Thomas Kuhn och hans para-

²⁸ SKB (2010), *Geosphere process report for the safety assessment, SR-Site*, TR-10-48, s. 88.

²⁹ SSMFS 2008:21, § 2.

³⁰ SSMFS 2008:1, 4 kap. § 2.

digmt teori³¹ och denna teori skulle kunna användas som en nyckel till tolkningen av konflikten. Teorin kan i all korthet beskrivas som att Kuhn skiljer mellan normalvetenskap och extraordinär vetenskap. Normalvetenskap är paradigmstyrd, dvs. bestämd av en viss grundsyn som förutsätts av forskarna. Denna grundsyn är sammanvävd med sociala och ekonomiska förhållanden. Med tidens gång uppstår olika så kallade anomalier, dvs. iakttagelser och observationer som inte kan inordnas i det traditionella paradigmet. När tyngden av dessa anomalier blir alltför stor och alternativa förklaringar kommit fram uppstår en vetenskaplig revolution. Den traditionella grundsynen överges till förmån för ett nytt paradigm. Ett exempel är den geocentriska världsbildens övergång till den heliocentriska. I förhållande till det gamla paradigmet växer ny extraordinär vetenskap fram och blir efterhand en ny normalvetenskap.

Kuhns teori utvecklades framför allt för att tolka omfattande vetenskapliga förändringar, men det har också föreslagits att den kan användas för mindre spektakulära förändringar. Ett exempel skulle kunna vara Barbara McClintock som 1983 belönades med Nobelpriset i fysiologi och medicin. Hon medverkade till en ny syn på växelspelet mellan gen och dess omgivning, som till en början mötte motstånd i den vetenskapliga forskningsmiljön, men som senare bröt igenom på bred front.

Ett annat exempel på en sådan extraordinär vetenskap skulle kunna vara grundhypotesen i Mörners arbete 2003, nämligen att Sverige – i motsats till den vedertagna bilden – var ett högseismiskt område och ”att här troligen förekom fler och större jordbävningar än i något område på jorden idag”. Teorin om Sverige som ett högseismiskt område skulle kunna integrera anomalier av typen metangasexplosioner, som inte kan inordnas i det traditionella geologiska paradigmet.

Nu är det inte alls säkert att konflikten kring teorin om Sverige som ett högseismiskt område bör tolkas som en konflikt mellan geologisk normalvetenskap och geologisk extraordinär vetenskap. Ett alternativ är att tolka den som en konflikt inom den geologiska normalvetenskapen. Kontroversen gäller inte den geologiska vetenskapens grundantaganden utan andra saker. Vad skulle detta kunna vara?

Man skulle kunna skilja mellan tre olika frågor inom empirisk vetenskap. Den första nivån gäller upplägget av den empiriska

³¹ Kuhn, T. (1962) 1973, *The Structure of Scientific Revolutions*.

undersökningen t.ex. valet av instrument och kemiska analysmetoder. Den andra nivån gäller själva mätresultaten. Och den tredje tolkningen och förklaringen av resultaten. Med ledning av detta skulle man kunna skilja mellan tre olika former av vetenskaplig oenighet; a) oenighet om det experimentella upplägget, b) oenighet om mätresultaten och c) oenighet om tolkning eller förklaring av resultaten. Frågan blir då om kontroversen kring teorin om Sverige som ett högseismiskt område bottnar i en oenighet om a), b) och/eller c). Går kontroversen tillbaka på meningsskiljaktigheter beträffande uppläggningsen av relevanta geologiska undersökningar? Eller handlar den om motstridiga mätresultat och de geologiska sakförhållanden som uppges belägga teorin om Sverige som ett högseismiskt område verkligen föreligger? En tredje möjlighet är att oenigheten handlar om själva teorin, så att de geologiska sakförhållandena kan förklaras på något annat sätt än genom teorin om Sverige som ett högseismiskt område. Enkelt uttryckt: är resultaten verkligen anomalier i systemet eller kan de förklaras inom den geologiska normalvetenskapens ramar?

2.2 Kontroversen kring klor-36 i Yucca Mountain

Det amerikanska slutförvarsprogrammet befinner sig för närvarande i ett vänteläge, men Yucca Mountain i delstaten Nevada var den utvalda platsen för ett slutförvar. Det ansågs finnas goda tekniska skäl för denna plats inte minst därför att den befinner sig i ett torrt ökenområde, Nevadaöknen, avskild från befolkningscentrum och från vatten. Avsaknaden av vatten var ett betydelsefullt skäl, eftersom vatten kan föra radionuklider från ett förvar djupt nere i berget ut till biosfären. Därför var geologiska studier av vattenförande berg högprioriterade. I USA är det staten och energidepartementet (Department of Energy, DOE) som har huvudansvaret i slutförvarsfrågan. 1996 avslutade DOE utgrävningen av en forskningstunnel i Yucca Mountain och en grupp forskare från Los Alamos började studera vattenströmmarna i berget. De fann en rad sprickor i tunneltaket och hittade förhöjda nivåer av klor-36.

Det var ett mycket oväntat resultat eftersom klor-36 är en isotop med halveringstid på cirka 300 000 år.³² Den finns i naturen, men endast i mycket små mängder. Större kvantiteter är en bipro-

³² SOU 2004:67, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2004 - Del II Att hantera kärnavfallens risker. En översikt över metoder, problem och möjligheter. Kärnavfallsrådet.

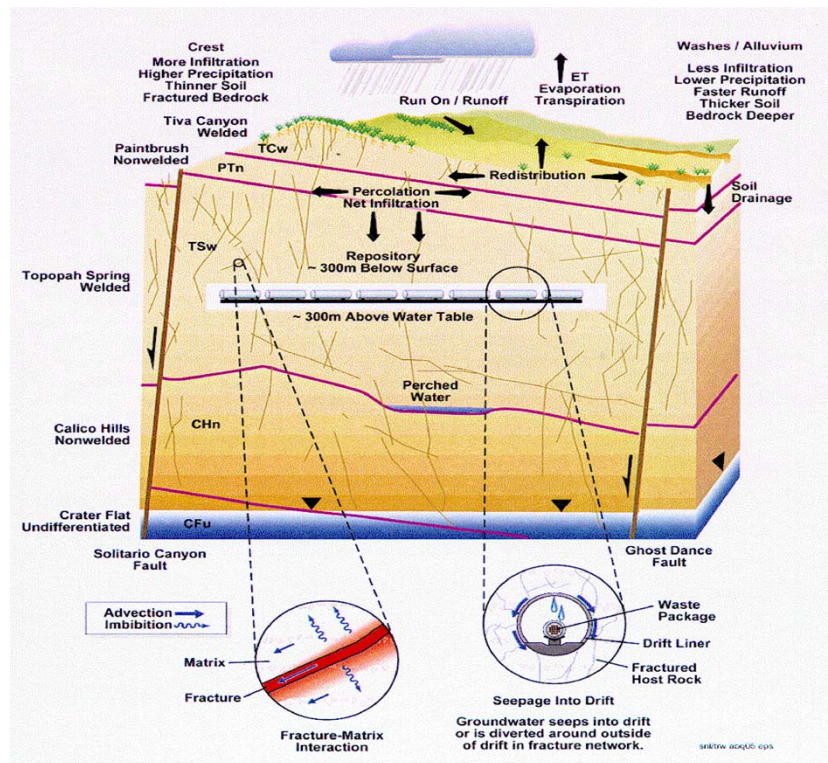
dukt av kärnvapenexplosioner och del av den så kallade bombpulsens från provsprängningarna för cirka 50 år sedan. Världen över gav bombpulsens upphov till förhöjda nivåer av bl.a. klor-36. Närvaron av förhöjda nivåer av klor-36 djupt nere i Yucca Mountain var alltså ett tecken på att vatten forslats från ytan ner till försökstunneln på mindre än 50 år! Forskarna förklarade detta med att vatten strömmade sakta genom porer, men mycket snabbare genom frakturer. Yucca Mountain skulle med andra ord vara våtare än man trott och är alltså en mindre lämplig plats för ett slutförvar än man tidigare antagit.

Det hör till saken att det finns olika faktorer som komplicerar provtagning för klor-36. För det första är testerna inte standardiserade och för det andra bygger de på masspektrometri. Det är en kraftfull teknik, men det handlar bl.a. om att hitta en klor-36-isotoper bland en trillion vanliga kloratomer. Det finns risk för föroreningar och andra typer av mätfel.

DOE oroades av resultaten från Los Alamos-studien och gav ett annat laboratorium (Lawrence Livermore National Laboratory utanför San Francisco) uppgiften att göra en ny undersökning. De använde en annan metod och fann då inga spår av klor-36 från försökstunneln i Yucca Mountain. På grund av de motsägande resultaten sammanfördes forskningsgrupperna från Los Alamos och Livermore till en tredje studie. De utvecklade en metodologisk konsensus, delade upp proverna och analyserade dem i sina respektive laboratorier. Resultaten blev desamma, dvs. Los Alamos hittade klor-36 från bombpulsens, medan forskningsgruppen från Livermore inte gjorde det. I ett försök att bryta dödläget beordrade DOE en fjärde studie från en oberoende forskargrupp vid University of Las Vegas. De hittade klor-36 i vissa av proverna, men resultaten ansågs inte tillförlitliga på grund av att de utfördes i ett laboratorium som inte uppfyllde renhetskraven.

Sammanfattningsvis har alltså fyra studier med fyra olika metoder visats sig otillräckliga för att skapa klarhet. Frågan om det finns klor-36 i Yucca Mountain är fortfarande obesvarad.

Figur 2.2 Översiktlig beskrivning av de geologiska förhållandena i Yucca Mountain



Källa: Grischa Metley och Daniel Metlay.

Så långt den vetenskapliga processen. Sammanvävd med denna finns en juridisk process, som i och för sig är intressant, men inte direkt klarlägger den vetenskapliga kontroversen. Den utmynnar i alla händelser i att DOE – trots invändningar från Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB – USA:s motsvarighet till Kärnavfallsrådet) – beslutar sig för att inte genomföra några ytterligare studier och att låta frågan om klor-36 förbli olöst.

Utan ett närmare studium av detaljerna i frågan om klor-36 är det naturligtvis omöjligt att med någon större visshet uttala sig om den vetenskapliga kontroversens karaktär och orsaker. Men det finns ett teoretiskt perspektiv på de experimentella studiernas inbäddning i sitt sociala sammanhang som kallas experimentatorns cirkel (eng. experimenters' regress). Utgångspunkten för denna tolkning av (en viss typ av) vetenskapliga kontroverser sammanhänger

med resonemang som var aktuella redan under antiken och då uppmärksammades av den skeptiske filosofen Sextos Empiricos (cirka 200 e.Kr.). Idén återupplivades under 1500- och 1600-talet och kan tolkas på olika sätt, men utgångspunkten kan närmast beskrivas som en forskningspsykologisk hypotes, nämligen att det som en forskare anser vara ett tillförlitligt resultat är ett resultat som erhållits med hjälp av ett väl fungerande instrument. Men hur avgör forskaren vad som är ett väl fungerande instrument? Det är förvisningen om att instrumentet ger tillförlitliga resultat! Den individuella forskaren befinner sig med andra ord instängd i en cirkel.³³ Eller för att ta ett exempel från det aktuella fallet: Los Alamos-laboratoriet hävdar förekomsten av klor-36. På vilken grund? Resultaten har påvisats av instrument som är tillförlitliga. Men hur vet vi det? Därför att resultaten är tillförlitliga.

Enligt Collins kan experimentatorns cirkel endast brytas genom en förhandling i samspel med den omgivande sociala forskningsmiljön. Med tanke på de sociala krafter och ekonomiska förhållanden som är verksamma inom en forskningsmiljö medför detta allvarliga invändningar mot den vetenskapliga rationaliteten.³⁴

Kan teorin om experimentatorns cirkel användas för att tolka kontroversen kring närvaron eller frånvaron av klor-36 i Yucca Mountain? Ett svar på denna fråga skulle kräva mer djupgående inblickar i de forskningsmiljöer, där de motstridiga studierna genomfördes. Dessutom skulle det troligtvis också kräva en vidgning av Collins teori med referens till andra faktorer som inte bygger på en radikal dikotomi mellan sociala konventioner och objektiv vetenskap. Tolkning av vetenskapliga data sker i ett växelspel mellan forskaren och den sociala miljön, men det innebär inte att krav på replikerbarhet (dvs. andra forskares upprepning av det aktuella experimentet), förenlighet med tidigare forskning och ytterst med den vetenskapliga världsbilden helt och hållet reduceras till en fråga om social och politisk korrekthet.^{35,36}

Med dessa reservationer skulle teorin om experimentatorns cirkel kunna vara en fruktbar och intressant arbetshypotes för att tolka kontroversen kring klor-36 i Yucca Mountain. Frågan blir då

³³ Collins, Harry (1985) 1992. *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*, s. 84.

³⁴ Franklin, Allan (1994), "How to avoid the experimenters' regress", *Studies in History and Philosophy of Science* 25, s. 465.

³⁵ Hesse, M. (1986), "Changing concepts and stable order", *Social Studies of Science* 16, s. 714-726.

³⁶ Godin, B. och Gingras, Y. (2002), "The experimenters' regress: from skepticism to Argumentation", *Studies in History and Philosophy of Science* 33, s. 137-152.

hur man kan beskriva växelspelet mellan den experimentella och den sociala processen i de olika forskningsmiljöerna – och hur den efterföljande bearbetningen av de olika forskargruppernas resultat formulerades i dialog med laboratoriernas ledningsorgan, vetenskapliga tidskrifter och projektets finansiärer.

2.3 Tillämpning på den svenska kontroversen om kopparkorrosion

Ytligt sett liknar de senaste årens kontrovers i frågan om kopparkorrosion den olösta frågan om klor-36 i Yucca Mountain. Olika forskargrupper använder olika metoder och kommer till olika resultat om koppar verkligen korroderar i syrefritt vatten eller inte. Kärnavfallsrådet konstaterar i kapitel 5 av denna rapport att det hittills inte varit möjligt att upprätta en tillförlitlig materialbalans, vilket är ett krav för att fastställa om koppar verkligen korroderar i syrefritt vatten och att reaktionen inte bara är begränsad till ytan. Rådet konstaterar dessutom att ”oenigheten om kopparkorrosion i syrefritt vatten får inte urarta till att försöka påvisa eventuella fel i försöksuppläggning och materialval om resultaten inte överensstämmer med den egna åsikten”.

Man kan på denna punkt anknyta till teorin om experimentatorns cirkel. Resultaten har bedömts som tillförlitliga med stöd av övertygelsen att de använda instrumenten fungerat som de ska. Enligt teorin uppstår ett cirkelresonemang om övertygelsen om de använda instrumentens funktionsduglighet samtidigt styrks med hjälp av hänvisning till de resultat som genererats. Det är svårt att uttala sig om detta varit fallet i de olika laboratorieförsök som refererades vid rådets symposium i november 2013³⁷. Däremot har andra laboratoriers försöksuppläggning eller materialval ifrågasatts med hänvisning till att de inte genererat de ”rätta” resultaten. Det är en variant av just det fenomen som beskrivits i teorin om experimentatorns cirkel. Kritik och motkritik är vetenskapens livsluft, men det är viktigt att de baseras på kriterier som inte kategoriskt utgår från att de egna resultaten är tillförlitliga. Den första regeln i det som man skulle kunna kalla vetenskapens anda är regeln om ifrågasättande: var alltid beredd att ifrågasätta såväl utgångspunkten för ditt tänkande som resultaten av ditt kunskapssökande. Pröva

³⁷ Kärnavfallsrådets symposium: *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. Material finns att hämta på www.karnavfallsradet.se.

alltid om inte det du påstår kan förhålla sig tvärtom, efterlevnaden av denna regel är första steget ut ur experimentatorns cirkel.³⁸

Det första fallet handlade om den vetenskapliga kontroversen om DRD-metoden. Denna kontrovers aktualiserar Thomas Kuhns teori om paradigmberoende vetenskap och om det spänningsfyllda förhållandet mellan normalvetenskap och extraordinär vetenskap. En möjlighet är att teorin om svensk geologi som ett högseismiskt område är en sådan extraordinär vetenskap, som skulle kunna härberga anomalier, som inte kan inordnas i den geologiska normalvetenskapen. Men det finns en annan möjlighet – och det är att kontroversen i själva verket handlar om en konflikt inom den geologiska normalvetenskapen. Kontroversen kring teorin om Sverige som ett högseismiskt område skulle kunna tolkas som a) en oenighet om det experimentella upplägget, b) en oenighet om mätresultaten och/eller c) oenighet om tolkning eller förklaring av resultaten. Frågan blir då om kontroversen bottnar i en oenighet om a), b) och/eller c). Skulle detta kunna kasta något ljus över den vetenskapliga kontroversen om koppar korroderar i rent syrefritt vatten eller inte?

Det finns mycket som talar för att kontroversen till en viss del kan tolkas som en meningsskiljaktighet om själva det experimentella upplägget. Det gäller t.ex. användningen av material i reaktionskärn och tätningar, ledningar, kopplingar och membran liksom även kopparmetallens renhetsgrad, och förbehandling. Dit hör även diskussioner kring utförandet av experimenten inklusive olika analysmetoder med avseende på metallytan och lösningen och hur man ska skydda kopparfolierna från att oxideras i luften när man tar dem ur reaktionskärlet för analys. Samtidigt handlar diskussionen också om själva mätresultaten. Det gäller t.ex. omfattningen av vätgasutvecklingen, som i vissa experiment är mycket högre än i andra utan att motsvarande förändringar på kopparmetallens yta kan beläggas.

Slutligen förefaller kontroversen framför allt handla om tolkningen av resultaten. Kan de etablerade termodynamiska samband som finns i kemisk normalvetenskap användas för att tolka vad som händer? Eller om vi står inför något hittills okänt som måste tillföras i det annars väldigt gedigna kunnandet om koppars egenskaper i vattenmiljö? Naturligtvis måste man vara öppen för att nya vetenskapliga rön kommer, men det fordras mer än vad som hittills

³⁸ Jeffner, A. (1995), *Religionen och vetenskapens anda*, i Bergmann, S. et al., s. 176.

visats. En oväntat hög vätgasutveckling är ett intressant resultat av ett noggrant utfört experiment men utgör i sig själv inte ett bevis för att koppar korroderar i rent syrgasfritt vatten.

Referenser:

- Alley, W. och Alley, R. (2013), *Too Hot to Touch: the Problem of High-Level Nuclear Waste*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Andrén, M. och Strandberg, U. (red.) (2005), *Kärnavfallens politiska utmaningar*. Möklinta: Gidlunds förlag.
- Collins, H. (1985) 1992, *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago: University of Chicago Press.
- Franklin, A. (1994), "How to avoid the experimenters' regress", *Studies in History and Philosophy of Science* 25, s. 463–491.
- Godin, B. och Gingras, Y. (2002), "The experimenters' regress: from skepticism to Argumentation", *Studies in History and Philosophy of Science* 33, s. 137–152.
- Hesse, Mary (1986), "Changing concepts and stable order", *Social Studies of Science* 16, s. 714–726.
- Jeffner, A. (1995), "Religionen och vetenskapens anda" i Bergmann, S. och Göran E. (red.) *Upptäckter i kontexten. Teologiska föreläsningar till minne av Per Frostin*. Lund: Institutet för kontextuell teologi.
- Kaijser, A. och Högselius, P. (2007), *Resurs eller avfall? Politiska beslutsprocesser kring använt kärnbränsle*. R-07-37. Stockholm: SKB.
- Kuhn, T. (1962) 1973, *The Structure of Scientific Revolutions*. Second Edition, Enlarged. International Encyclopedia of Unified Science. Chicago: University of Chicago Press.
- Kärnavfallsrådet (2007), *Djupa borrhål - Ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle?* Rapport från KASAM:s utfrågning den 14–15 mars 2007. Rapport 2007:6.

- Lagerbäck, R., Sundh, M., Svedlund, J.-O., och Johansson, H. Geological Survey of Sweden (SGU) (2005), *Forsmark site investigation. Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Forsmark region. Results from 2002–2004*. R-05-51. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Larsson, K.-E. (2000), *Vetenskap i kärnkraftens skugga*. Stockholm: Kungl. Tekniska Högskolan.
- Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt, M1333-11, aktbilaga 143. *Milkas yttrande om SKB AB:s ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen till anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall*.
- Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt, M1333-11, aktbilaga 281. Mörner, N.-A., *Dry Rock Deposit*.
- Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt, M1333-11, aktbilaga 282. Mörner, N.-A., *Collapse of the Methodology applied in Sweden and Finland for the Deposition of High-level Nuclear Waste*.
- Mörner, N.-A. (2003), *Paleoseismicity of Sweden: A Novel Paradigm*. Stockholm: Paleogeophysics & Geodynamics, Stockholm University.
- Proposition 2012/13:30. *Forskning och innovation*. Stockholm: Utbildningsdepartementet.
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/20/13/68/ab3950ad.pdf>
(Hämtad 2013 – 04-02).
- Schrader-Frechette, Karen (1993), *Burying Uncertainty. Risk and the Case against Geological Disposal of Nuclear Waste*. Berkeley, CA: University of California Press.
- SKB (2009), *Samhällsforskningen 2004-2009 Teman, resultat och reflektioner*. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB (2000), *Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningskedet*, [Fud-K]. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB (2010), *Geosphere process report for the safety assessment SR-Site*. TR-10-48. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB (2011), *Ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet till uppförande, innehav och drift av en kärn-*

- teknisk anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall.* Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB (2013), *Fud-program 2013. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.* Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SOU 2004:67 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2004 - Del II Att hantera kärnavfallens risker. En översikt över metoder, problem och möjligheter.* Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2007:38 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2007 – nu levandes ansvar, framtida generationers frihet.* Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013. Slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ.* Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SSMFS 2008:1. *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i kärntekniska anläggningar*
- SSMFS 2008:21. *Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall.*
- Söderberg, O. (2012), *SKB:s program för samhällsforskning 2004–2011. En utvärdering.* SKB P-12-14. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Vedung, E. (2005), "Det högaktiva avfallens väg till den rikspolitiska dagordningen" i Andrén, Mats och Urban Strandberg, *Kärnavfallens politiska utmaningar*, 33-56. Möklinta: Gidlunds förlag.
- Åhäll, K.-I. (2011), *Deponeringsdjupets betydelse vid slutförvaring av högaktivt kärnavfall i berggrunden, en karakterisering av grunda och djupa slutförvar.* Rapport framtagen på uppdrag av Kärnavfallsrådet.
www.karnavfallsradet.se/publikationer/rapporter/externa-rapporter (hämtad 2013-02-03).

3 Kunskapsläget om djupa borrhål

3.1 Inledning

Geologiska slutförvar för högaktivt kärnavfall kan utformas på olika sätt bland annat genom deponering i flera kilometer djupa borrhål. Metoden lanserades redan på 1970-talet och har sedan dess diskuterats som ett möjligt alternativ till grundare geologiska slutförvar t.ex. KBS-3-metoden.

3.2 För- och nackdelar med kärnavfallsdeponering i djupa borrhål

Deponeringsdjupet för konceptet med djupa borrhål ligger på 3–5 km under markytan i vad som kallas för kristallint berg, som framför allt består av granit och olika typer av gnejs.

Det finns flera fördelar med ett geologiskt förvar i djupa borrhål.¹ Berggrundens genomsläpplighet, dvs. dess permeabilitet på dessa djup är mycket låg och grundvattnet har högre salthalt och därmed densitet, vilket innebär att förmågan att transportera radionuklider mot markytan försvåras. Det finns inte heller mycket fritt syre som annars kan leda till att kapslarna med avfall oxiderar. Bristen på syre gör också att lösligheten och därmed rörligheten för t.ex. aktinider minskar.

Eftersom de geologiska förhållandena är sådana att rörligheten för radionuklider är mycket låg skulle eventuellt frigjorda aktinider från skadade kapslar stanna kvar i närområdet under den tid det tar för strålningen att avklinga till normala bakgrunds nivåer (1 miljon år). Själva konstruktionen är dessutom mindre, och anläggningstiden betydligt kortare, än för förvar byggda enligt KBS-3-metoden. För

¹ Åhäll, K.-I. (2011), *Deponeringsdjupets betydelse vid slutförvar av högaktivt kärnavfall i berggrunden – en karakterisering av grunda och djupa förvar.*

Sveriges kärnavfall skulle det behövas cirka 45 deponeringshål som skulle uppta en yta av ungefär 2–4 km².²

Metoden är dock inte färdigutvecklad. Fördjupade bergmekaniska undersökningar krävs för att utvärdera om det kan uppstå eventuella problem med t.ex. borrning, infodring och deponering i djupa borrhål.³ Dessutom är kunskaperna om de geologiska förhållandena på 3–5 kilometers djup i svensk berggrund otillräckliga, och det är oklart hur riskerna i anslutning till själva deponeringen ska hanteras.

3.3 Kunskap från europeiska djupborrningsprojekt

Av 12 europeiska djupborrningsprojekt som påbörjats under 2000-talet är det endast fyra som är utförda i kristallin berggrund (det är borrningarna i Outokumpu, Lund, Soultz-suos-Fôrets och Basel). Djupborrningen i Outokumpu utfördes i forskningssyfte, medan borrningarna i Lund, Soultz-suos-Fôrets och Basel är kopplade till utvinning av geotermisk energi eller undersökning om potentialen för denna resurs. Av dessa projekt är det endast djupborrhålet i Outokumpu (2 500 meter) som är utfört i en för svenska förhållanden relevant berggrund.⁴ Men borrhålsdiametern var där endast 216 mm, vilket är betydligt mindre än vad som krävs för borrhål till slutförvar för använt kärnbränsle (430–445 mm). Det har alltså inte utförts några fullskaliga djupborrningar som till fullo motsvarar ett djupförvar av denna typ. Trots detta har mycket information om förhållandena på stora djup erhållits.

De djupborrningsprojekt som utförts har konstaterat att sprickorna blir färre på större djup, men att antalet sprickor också beror på berggrundens sammansättning (litologin).^{5,6} För ett slutförvar är det viktigt att berget har få sprickor på deponeringsdjupet eftersom sprickor kan leda vatten och därmed underlättar för rörligheten av radionuklider. I det djupa borrhålet i Outokumpu

² Åhäll, K.-I. (2011).

³ Odén, A. (2013), *Förutsättningar för borrning av och deponering i djupa borrhål*. Rapport SKB P-13-08, 1–76. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

⁴ Marsci, N. & Grundfelt, B. (2013), *Review of geoscientific data of relevance to disposal of spent nuclear fuel in deep boreholes in crystalline rocks*. Rapport SKB P-13-12, 1–30, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

⁵ Juhlin, C. och Sandstedt, H. (1989), *Storage of nuclear waste in very deep boreholes; Feasibility study and assessment of economic potential*. Rapport SKB TR-89-39, 1–92 + Appendix.

⁶ Ekman, L. (2001), *Project Deep Drilling KLX02 – Phase 2. Methods, scope of activities and results. Summary report*. Rapport SKB TR-01-11, s. 1–181 + Appendix.

(2 500 m) har man dock konstaterat att det finns saltvattenförande sprickor på mycket stora djup (ca 2 200 meter), men att detta vatten inte står i hydrologisk kontakt med vattenförande sprickor på grundare nivåer.⁷ I alla vattenförande sprickor, även i det djupaste delarna av borrhålet, fann man kolonier av mikroorganismer. Populationernas storlek minskar med djupet men innefattar bland annat bakterier som reducerar sulfat till sulfid⁸, som kan påverka buffert och kapsel negativt.⁹

3.4 Borrning av djupa borrhål

Ett problem som noterats vid borrning av djupa borrhål är att bergfragment faller ned från borrhålets väggar. Risken för dessa så kallade utfall är störst under själva borrningen innan hålen fodrats. För grövre borrhålsdiameter kan dessutom utfall som är kopplade till plana strukturer i berget (strukturkontrollerade utfall) ske redan på grunda nivåer.¹⁰ Utfallen kan orsaka fastborrning, borrstängsbrott och problem med infodringen.¹¹ Ifall rasen sker under själva borrningen går detta att åtgärda relativt enkelt. Vid borrning av det cirka 6 000 m djupa borrhålet Gravberg-1 i Siljan uppstod kraftiga utfall vid cirka 400 m, som stabiliserades genom att hålet i rasområdet fylldes med cement.¹² Frågan är om detta är lämpligt i djupa borrhål avsedda för kärnavfall.

Andra problem som kan uppstå är deformation av borrhålen. På 5 000 meters djup i sprickfattigt berg är risken obetydlig, eftersom deformationen framför allt är elastisk. Borrhålet återtar sin ursprungliga form. Är berget däremot uppsprucket på dessa djup kan borrhålen utöver detta deformeras permanent (plastiskt) med avvikelser på upp till 3–4 mm. Längs med mikrosprickor kan dessutom mycket långsamma förskjutningsrörelser (krypning) förekomma. Krypdeformation och strukturkontrollerade ras kan ske på alla djup i kraftigt uppsprucket berg, och om infodringen skadas kan detta leda till problem även efter borrningen.¹³

⁷ Marsci, N. och Grundfelt, B. (2013).

⁸ Ibid.

⁹ SOU 2010:6 *Kärnavfallsrådet, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2010 – utmaningar för slutförvarsprogrammet*, Kärnavfallsrådet, Stockholms, Fritzes? (2010).

¹⁰ Odén, A. (2013).

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

Risken för borrhålsavvikelse anses vara mycket liten, dvs. att borrhålet böjer av och blir flackare med djupet. Tekniken att styra borrhållingen för att undvika avvikelser har utvecklats betydligt under 2000-talet. Styrmetoden som utvecklades redan på 1990-talet för det 9 000 meter djupa KBT-hålet i Tyskland fungerade väl ner till nivåer som motsvarar djupet för ett kärnavfallsförvar. KBT-hålet är rakt och vertikalt ner till cirka 5 000 m, men borrhålsdimensionen ner till denna nivå är som bredast endast 375 mm.

3.5 Kunskap från datorsimuleringar

Även om inga fullskaliga platsförsök har utförts, har metoden med djupa borrhål testats med olika typer av datorsimuleringar. Simuleringarna har framför allt fokuserat på samverkan mellan termiska, hydrologiska, kemiska och mekaniska processer och hur dessa påverkar förvaret. I många fall är resultaten inte helt samstämmiga vilket kan bero på att olika programmeringsverktyg (mjukvara) och randvillkor (indata) använts.

Det är viktigt att inse att simuleringar är förenklingar av verkligheten och bara ger en översiktlig bild av processerna eftersom de inte tar hänsyn till platsspecifika randvillkor. Samstämmiga resultat från olika simuleringar är att slutförvar i djupa borrhål inte är lika beroende av att kapslarna förblir oskadade som i förvar anlagda närmare markytan. Det har också konstaterats att efter deponeeringen ökar temperaturen i förvaret för att nå ett maxvärde efter ett tiotal år, och att detta orsakar ett visst flöde av vattnet uppåt i borrhålen.^{14,15}

Modellerna, som simulerat nordamerikanska förhållanden, visar också att om borrhålen placeras närmare än 200 m från varandra, så inträffar en andra, lägre värmepuls efter 10 000–15 000 år. Värmepulsen är orsakad av att värmen som alstrats av avfallet från individuella borrhål samverkar, men hur denna värmepuls påverkar vattenflödet skiljer sig åt. Vissa modeller har visat att denna andra värmepuls kan leda till en störning av saltvattenskiktningen och att uppåtflödena kan pågå i upp till 100 000 år^{16,17} medan andra

¹⁴ Arnold, B.W. och Hadgu, T. (2013), "Thermal-hydrological modeling of a deep borehole disposal system". *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013, s. 481–488.

¹⁵ Lubchenko, N., Baglietto, E. & Driscoll, M.J. (2013), "Towards the development and application of borehole virtual reality simulation tool", *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013.

¹⁶ Arnold, B.W. och Hagdu, T. (2013).

modeller visar att det lättare uppvärmda vattnet inte förmår att stiga i hålen.¹⁸ Det behövs alltså fler och förfinade datormodelleringar innan metoden med djupa borrhål kan anses som tillförlitlig. Planerade simuleringar kommer bland annat att fokusera på hur rörligheten av radionuklider från 5 000 meters djup påverkas av variationer i vattenflöden och temperatur kopplade till bergmekaniska egenskaper.¹⁹

3.6 Slutsats

Ett slutförvar för kärnavfall i djupa borrhål har många fördelar som är kopplade till de gynnsamma geologiska förhållandena på tilltänkt förvarsdjup. Kärnavfallsrådet kan även konstatera att konceptet uppfyller icke-spridningsavtalet, då avfallet i stort sett är oåtertagbart, men att metoden i dagsläget inte är färdigutvecklad. Det finns oklarheter i hur samverkan mellan olika processer (termisk-hydrologisk-bergmekanisk) påverkar rörligheten och därmed transportmöjligheterna för t. ex. aktinider. Till detta återstår flera svåra frågor bland annat hur riskerna i anslutning till själva deponeringen ska hanteras.

Referenser

- Arnold, B.W. & Hadgu, T. (2013), "Thermal-hydrological modeling of a deep borehole disposal system". *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013, 481–488.
- Bates, E.A., Baglietto, E., Driscoll, M.J. och Buongiorno, J. (2013), "Onset and stability of natural convection in deep drillhole" *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013.
- Ekman, L. (2001), *Project Deep Drilling KLX02 – Phase 2. Methods, scope of activities and results. Summary report*. Rapport SKB TR-01-11, s. 1–181 + Appendix. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.

¹⁷ Lubchenko et al (2013).

¹⁸ Bates, E.A., Baglietto, E., Driscoll, M.J. och Buongiorno, J. (2013), "Onset and stability of natural convection in deep drillhole" *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013.

¹⁹ Lubchenko, N. et al (2013).

- Hökmark, H., Lönnqvist, M. och Fälth, B. (2010), *THM-issues in repository rock. Thermal, mechanical, thermo-mechanical and hydro-mechanical evolution of the rock at the Forsmark and Laxemar sites*. Rapport TR-10-23. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Juhlin, C. och Sandstedt, H. (1989), *Storage of nuclear waste in very deep boreholes; Feasibility study and assessment of economic potential*. Rapport SKB TR-89-39, 1–92 + Appendix. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lubchenko, N., Baglietto, E. och Driscoll, M.J.(2013), "Towards the development and application of borehole virtual reality simulation tool", *IHLRWMC 2013*, Albuquerque, NM, April 28–May 2, 2013.
- Marsci, N. och Grundfelt, B. (2013), *Review of geoscientific data of relevance to disposal of spent nuclear fuel in deep boreholes in crystalline rocks*. Rapport SKB P-13-12, 1–30. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Odén, A. (2013), *Förutsättningar för borrhåll och deponering i djupa borrhål*. Rapport SKB P-13-08, 1–76. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Raiko, H., Sandström, R., Rydén, H. och Johansson, M. (2010), *Design analysis report for the canister*. Rapport SKB TR-10-28. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SOU 2010:6 *Kunskapsläget på kärnavfallområdet 2010 – utmaningar för slutförvarsprogrammet*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- Åhäll, K-I (2011), *Deponeringsdjupets betydelse vid slutförvar av högaktivt kärnavfall i berggrunden – en karakterisering av grunda och djupa förvar*. Extern rapport Kärnavfallsrådet. Dnr M1992:a/2011/16.
- <http://www.karnavfallsradet.se/publikationer/rapporter/externa-rapporter>. (Hämtad 2014-02-03).

4 Kunskapsläget om framtida kärnbränslecykler och Generation IV system för Sverige

En av de grundläggande förutsättningarna för framtagning av en metod för förvaring av det svenska kärnkraftsavfallet har varit att de som åtnjuter kärnkraftselen också förbinder sig att ta hand om avfallet utan att belasta framtida generationer. Tanken är därför att det använda kärnbränslet ska deponeras i berggrunden, och ingen återvinning ska ske. Tekniskt sett finns dock andra möjligheter involverande upparbetning eller återvinning av använt kärnbränsle. Syftet med denna text är att belysa några möjligheter och begränsningar med dessa alternativ, samt beröra möjliga implikationer av införandet av framtida kärnkraftssystem.

4.1 Möjlig upparbetning och återvinning av kärnbränsle för Sverige

Kärnavfallsrådet har i tidigare kunskapslägesrapporter berört framtida reaktorteknik och konsekvenserna av dess införande med avseende på det framtida slutförvaret^{1,2} eftersom teknikutvecklingen på reaktor- och kärnbränsleområdet förutspås vara av avgörande betydelse för om det avfall som genereras i dagens och den närmaste framtidens reaktorer kan betraktas som en resurs för framtida generationer eller inte.

Om det använda kärnbränslet inte ses som avfall, kan det omhändertas genom upparbetning eller återvinning, vilket är förenligt

¹ SOU 2011:14 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011: geologin, barriärerna, alternativen*. Kärnavfallsrådet.

² SOU 2013:11. *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet.

med miljöbalken. Upparbetning och återvinning kan ske på flera olika sätt och grundar sig på det faktum att endast en liten del av energiinnehållet i bränslet utnyttjas idag. Det bränsle som tas ur reaktorn består till allra största delen av fertilt³ uran (^{238}U), dessutom finns där en viss mängd fissilt⁴ uran (^{235}U) samt plutonium, fissionsprodukter och mindre mängder fertila så kallade restaktinider. Fissionsprodukterna är att betrakta som avfall i alla bränslecykler, men uran, plutonium och restaktiniderna kan återanvändas i olika stor grad i olika återvinningsalternativ.

Det mest kompletta återvinningsalternativet bygger på framtida kärnkraftsystem och ny så kallade Generation IV teknologi. Med en sådan teknik ges också möjlighet att utöver ^{235}U och plutonium återvinna ^{238}U , som idag betraktas som avfall, samt aktinider såsom curium, americium och neptunium. Detta skulle resultera i en förenklad avfallshantering eftersom flera svårhanterliga ämnen transmuterats. Dessutom minskar de långlivade avfallsmängderna och lagringstiderna till i storleksordningen tusen år för de ämnen, i huvudsak fissionsprodukter, som fortfarande måste betraktas som avfall.

Denna typ av framtida kärnkraftsystem bör, som namnet antyder, betraktas utifrån ett systemperspektiv där kärnkraftreaktorn med sitt spektrum av snabba neutroner (därav benämningen "snabbreaktor") är associerad till anläggningar för bränsleåtervinning och bränsletillverkning. Det etablerade organet "Generation IV International Forum" (GIF)⁵, initierat av USA:s energidepartement, har rekommenderat sex olika kärnkraftsystem för vidare forskning och utveckling. Gemensamt för dessa system är att de ska kunna erbjuda stora fördelar inom områdena hållbarhet och resurshushållning, säkerhet och tillgänglighet samt ekonomi. Dessutom måste systemen vara associerade med en så liten risk som möjligt att klyvbart material hamnar i orätta händer för att kunna hävda sig i konkurrensen med andra energitekniker.

Den upparbetning som är möjlig för dagens lättvattenreaktorer (Generation II, III och III+) utförs för närvarande på kommersiell basis endast i Frankrike. Processen innebär att plutonium och uran avskiljs från övriga avfallsprodukter (fissionsprodukter och restaktinider). I Frankrike förglasas avfallet innan det deponeras för slutför-

³ En fertil kärna kan omvandlas till en fissil kärna vid infångning av en neutron med tillräckligt stor energi.

⁴ En fissil kärna kan klyvas (fissioneras) av termiska neutroner, dvs av neutroner med låg energi.

⁵ Generation IV International Forum, <http://www.gen-4.org/> (hämtad 2014-01-23).

varing, det återtagna uranet lagras och plutoniet används för bränsletillverkning. Det nya bränslet kallas MOX-bränsle (Mixed OXide) och består av återtaget plutonium och (ofta) utarmat uran, och kan köras ytterligare en gång i dagens lättvattenreaktorer. Upparbetning är omdebatterad ur icke-spridningssynpunkt då den separerar ut material som kan vara attraktiva för icke-fredliga ändamål, men den kan innebära ekonomiska fördelar förutsatt höga råvarupriser, och resursmässiga fördelar då cirka 20 % mindre naturligt uran behöver brytas.⁶ Sett ur ett slutförvarsperspektiv påverkas inte lagringstiderna för det nya kärnavfallet, inte heller sker någon markant minskning av avfallsvolymererna då resteffekten är i stort sett densamma. Dock kommer hanteringen av det nya avfallet bli mer kostnadskrävande och SKB beräknar att priset för upparbetning jämfört med direktdeponering ökar med omkring 75 %.⁷ Hitintills har upparbetning inte skett i någon större skala för använt kärnbränsle i Sverige. Dock har en mindre mängd använt kärnbränsle upparbetats vid BNFL i Sellafield (Storbritannien) för användning i Oskarshamnsverket, i enlighet med avtal som OKG tecknade i slutet av 60-talet.

Det finns olika syn på frågan om direktdeponering i ett geologiskt slutförvar är bättre eller sämre ur spridningssynpunkt än upparbetning och återvinning av bränsle. I ett slutförvar i vilket det använda bränslet från våra lättvattenreaktorer deponerats kommer isotopsammansättningen av det lagrade plutoniet att förändras med tiden. Samtidigt minskar fissionsprodukternas strålningsbarriär som utgör den dominerande källan till den gammastrålning som det använda kärnbränslet skickar ut, eftersom fissionsprodukterna har en betydligt kortare halveringstid än uran och plutonium. Därför kan man argumentera för att risken att materialet hamnar i orätta händer inte minskar med tiden. Å andra sidan medför upparbetning och återvinning av använt kärnbränsle en risk att teknologier och processer som kan missbrukas sprids och känsligt material riskerar därmed att hamna i orätta händer.⁸ Till detta kommer att det finns en viss risk att exportkontrollerad utrustning avsedd för civil upparbetning införskaffas av aktörer i syfte att tillverka kärnvapen. I utredningen *Upparbetning av utbränt kärnbränsle – En studie med fokus på exportkontroll* redogör Andersson m.fl. för eventuella ris-

⁶ Forsström, H. (2013) *Utveckling av snabba reaktorer. Påverkan på det svenska systemet för hantering av använt bränsle*, Rapport SKB P-13-33.

⁷ Ibid.

⁸ Bathke, C.G. et al. (2012), "The attractiveness of material in advanced nuclear fuel cycles for various proliferation and theft scenarios", *Nuclear technology*, vol 179, No 1.

ker som upparbetning kan innebära när det gäller nukleär spridning och konsekvenser för svensk exportkontroll.⁹ Det var mot bakgrund av den spridningsrisken som USA:s president 1977 förbjöd upparbetning av kommersiellt kärnavfall i USA, med en förhoppning om att resten av världen skulle följa efter. Så blev inte fallet och under 1999 upphävdes förbudet.

4.2 Att hushålla med resurserna eller minska avfallsmängderna?

Som tidigare nämnts kan upparbetning av använt kärnbränsle minska behovet av naturligt uran och avfallsmängden i slutförvaret, men till en ganska hög kostnad. Vill man driva återvinningen längre, finns olika typer av snabba reaktorer att tillgå. Dessa härrör till stor del från 1950- och 1960-talet, och finns i olika utformningar där man kan skilja mellan kategorierna *breeders* och *burners* (utifrån engelskans ord för att antingen skapa eller bränna bränsle). Breeders är ett samlingsnamn för reaktorer med en konverteringskvot på minst 1, där 1 motsvarar en reaktor i jämvikt som producerar lika mycket bränsle som den konsumerar. En breederreaktor med en konverteringskvot högre än 1 producerar således mer bränsle än den gör av med, medan en burnerreaktor som alltid har en konverteringskvot lägre än 1 förbrukar mer bränsle än den skapar. Användningsområdena för de olika reaktorerna är alltså olika och möter olika mål med kärnkraftdriften – en breederreaktor är hållbar och resurssnål medan en burnerreaktor främst används för att minska avfallsmängden; i synnerhet oönskade radiotoxiska isotoper.

4.3 Pågående forskning om bränsleupparbetning och Generation IV teknologi med relevans för Sverige

I flera länder såsom Frankrike, Ryssland, Indien, USA, Kina och Sydkorea har satsningarna på Generation IV teknologi varit stora. Exempelvis undersöker flera av dessa länder en utveckling mot snabba reaktorer och/eller slutna bränslecykler, vilket beskrivs

⁹ Andersson, P. et al., (2013), *Upparbetning av utbränt kärnbränsle – En studie med focus på exportkontroll* Strålsäkerhetsmyndigheten. Rapport SSM 2013:32.

översiktligt i Hans Forsströms rapport (2013).¹⁰ Dessutom har projektet LEADER (Lead-cooled European Advanced Demonstration Reactor) inom Euratoms sjunde ramprogram under perioden 2010–2013 efterträtt den tidigare satsningen ELSY (European Lead-cooled SYstem). Ambitionen för projektet var att ta fram en konceptuell design för en storskalig blykyld reaktor ELFR (European Lead Fast Reactor) samt en småskalig demonstrationsanläggning för densamma vid namn ALFRED (Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator).^{11,12} Även i Belgien finns långt gångna planer på att uppföra en Generation IV reaktor för transmutering av kärnbränsle till år 2023.¹³

I Sverige bedrivs sedan fyra år tillbaka ett nationellt forsknings-samarbete mellan Chalmers, KTH och Uppsala universitet, som finansieras av Vetenskapsrådet. Projektet har gått under namnet *Genius*¹⁴ och syftet med projektet har varit att utreda olika aspekter av Generation IV systemteknologin.

Fokusområdet för Chalmers har varit själva återvinningsprocessen av det använda kärnbränslet, i synnerhet den s.k. *Ganex-processen*.¹⁵ På KTH har forskningen kretsat kring designen av en blykyld snabb reaktor och framtagande av korrosionsbeständiga bränslen och material för denna, och på Uppsala universitet har forskningens fokus varit att ta fram nya detektormaterial, reaktor-instrumentering, känslighetsanalys samt att uppskatta och minimera risken att strategiskt material avleds från de framtida kärnkraftssystemen. Flera forskningsresultat från Geniusprojektet finns redan publicerade på projektets webbplats och fler kommer att publiceras där under det innevarande året.¹⁶

Användandet av en blykyld snabb reaktor och en svensk, sluten bränslecykel tas också upp i en av Kärnavfallsrådet initierad studie¹⁷ med slutsatsen att dess införande kan leda till både minskade av-

¹⁰ Forsström, H. (2013).

¹¹ Alemberti, A. et al., (2009), *European Lead-Cooled Fast Reactor*, FISA 2009, Prague 22–24, June 2009.

¹² <http://www.leader-fp7.eu/> (Hämtad 2014-02-04).

¹³ Ait Abderrahim, H. et al., *MYRRHA – A multi-purpose fast spectrum research reactor, Energy Conversion and Management*.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890412000982>

¹⁴ Geniuskollaborationen, <http://genius.kth.se>. (Hämtad 2014-01-23).

¹⁵ Aneheim, E. (2012), *Development of a Solvent Extraction Process for Group Actinide Recovery from Used Nuclear Fuel*.

¹⁶ <http://genius.kth.se/>

¹⁷ Zakova, J. och Wallenius, J. (2013), *Införandet av en sluten kärnbränslecykel i Sverige, Version 1.0*, Tillgänglig: <http://www.karnavfallsradet.se/publikationer/rapporter/externa-rapporter>. (Hämtad 2014-01-23).

fallsmängder och lagringstider för det svenska slutförvaret. Denna rapport finns tillgänglig på Kärnavfallsrådets webbplats.

I SKB:s rapport *Utveckling av snabba reaktorer. Påverkan på det svenska systemet för hantering av använt bränsle*¹⁸ utreds när och hur en implementering av Generation IV reaktorer skulle kunna genomföras i Sverige, med fokus på hanteringen av använt kärnbränsle till följd av denna eventuella utveckling. I detta scenario tänker SKB sig ett svenskt snabbreaktorsystem som mellan år 2060 och 2100 består av lättvattenreaktorer drivna på plutonium- och uranbränsle (MOX) och snabba reaktorer av breedertyp, efter år 2100 återstår endast de snabba reaktorerna.

4.4 Identifierade forskningsbehov för Generation IV i Sverige

Om kärnkraften ska vara en del av energiproduktionen i Sverige efter det att nuvarande reaktorer tagits ur drift är än så länge en öppen fråga, liksom frågan om vilken teknologi som i så fall skulle utnyttjas. För att möjliggöra en framtida implementering av Generation IV systemen återstår flera frågor att lösa, vilka kommer att kräva omfattande forskningsinsatser som måste föregås av en uppbyggnad av den vetenskapliga kompetensen. Bland annat bör följande områden beforskas:

- utveckling av nya tåliga material
- studier av olika reaktorfysikaliska processer och förlopp för att säkerställa en säker och effektiv kraftproduktion i nya reaktorsystem
- utveckling av kärnkemikaliska processer och demonstrationsanläggningar för upparbetnings- och återvinningsprocesser
- utveckling av system för hantering av risker för missbruk av material och teknologier för icke-fredliga ändamål
- konsekvensanalyser av om och hur eventuella framtida kärnkraftssystem kan införas och integreras med befintlig kärnkraft samt vilken inverkan detta får på slutförvaret av använt kärnbränsle

¹⁸ Forsström, H. (2013).

- politiskt stöd och acceptans i samhället för fortsatt kärnkraft-drift via Generation III och III+ reaktorer under överskådlig framtid

I detta sammanhang är det också viktigt att uppmärksamma icke-spridningsaspekter, dvs. frågan om kärnämneskontroll, eftersom införandet av ett Generation IV system automatiskt associeras med nya typer av kärntekniska anläggningar och aktiviteter kopplade till återvinningen. En utredning som granskar delar av dessa aspekter har nyligen, på beställning av SSM, genomförts av FOI och har resulterat i två rapporter.^{19,20}

Hur snart en eventuell kommersiell drift av Generation IV reaktorer i Sverige kan bli en realitet är inte enbart en teknisk fråga utan även en viktig politisk fråga. Sett till enbart de tekniska aspekterna finns olika uppfattningar om hur snart ett Generation IV system skulle kunna bli en realitet, beroende på vilka antaganden och vilken omfattning man tar i beaktande. GIF uppskattar att kommersiella Generation IV system kan implementeras redan under 2030–2040²¹ medan andra uttrycker sig mer avvaktande och nämner längre tidsperspektiv.

Oavsett om och vilken typ av Generation IV anläggningar som kan bli aktuella i framtiden står det klart att ett slutförvar för använt kärnbränsle kommer krävas. Frågan är hur detta förvar bäst utnyttjas – genom att förvara avfallet från dagens reaktorer, eller genom minimerade lagringstider och avfallsmängder med Generation IV system i möjlig kombination med Generation III och III+ reaktorer?

¹⁹ Andersson, P. et al., (2013) *Upparbetning av utbränt kärnbränsle – En studie med fokus på exportkontroll*. Rapport SSM 2013:32.

²⁰ Andersson, P. et al., (2013) *Fjärde generationens reaktorer – en analys med fokus på icke-spridning och exportkontroll*. Rapport SSM 2013:18.

²¹ Generation IV International Forum, <http://www.gen-4.org> (hämtad 2014-01-23).

Referenser

- Aït Abderrahim, H. et al., *MYRRHA – A multi- purpose fast spectrum research reactor*, *Energy Conversion and Management*, ISSN 0196-8904.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890412000982>
- Alemberti, A. et al. (2009), *European Lead-Cooled Fast Reactor, FISA 2009*, Prague 22–24, June 2009.
- Andersson, P., Ardhammar, M., Nielsen, F. och Peterson, J. (2013) *Upparbetning av utbränt kärnbränsle – En studie med fokus på exportkontroll*. Rapport SSM 2013:32.
- Andersson, P., Meister, M., Nielsen, F. och Sunhede, D. (2013), *Fjärde generationens reaktorer – en analys med fokus på icke-spridning och exportkontroll*. Rapport SSM 2013:18.
- Aneheim, E. (2012), *Development of a Solvent Extraction Process for Group Actinide Recovery from Used Nuclear Fuel*. Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Bathke, C.G. et al., (2012) “The attractiveness of material in advances nuclear fuel cycles for various proliferation and theft scenarios”. *Nuclear technology*, vol 179, No 1.
- Forsström, H. (2013), *Utveckling av snabba reaktorer. Påverkan på det svenska systemet för hantering av använt bränsle*. Rapport SKB P-13-33. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering.
- Generation IV International Forum, <http://www.gen-4.org/> (Hämtad 2014-01-23).
- Geniuskollaborationen, <http://genius.kth.se/>. (Hämtad 2014-01-23).
- Leader-projektet, <http://www.leader-fp7.eu/>
- SOU 2011:14 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011: geologin, barriärerna, alternativen*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes (2011).
- SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes (2013).
- Zakova, J. och Wallenius, J. (2013), *Införandet av en sluten kärnbränslecykel i Sverige*. Tillgänglig:
<http://www.karnavfallsradet.se/publikationer/rapporter/externa-rapporter/> (Hämtad 2014-01-23).

5 Korrosion, erosion och bergspänningar – nya insikter om slutförvarets långsiktiga säkerhet

Kärnavfallsrådet arrangerade 20–21 november 2013 ett symposium om de tekniska barriärerna i slutförvaret för använt kärnbränsle där barriärerna tillsammans med det omgivande berget ska utgöra ett skydd för det deponerade bränslet.¹ Syftet med symposiet var att följa upp den pågående forskningen om framför allt kopparkapseln och bentonitbufferten och redovisa nya insikter om barriärernas betydelse för säkerheten på lång sikt. Det är frågor om de långsiktiga skyddsegenskaperna för kopparkapslarna och bentonitbufferten som visat sig kräva mycket forskning och utvecklingsarbete. Intresset är stort eftersom många andra länder också har valt en geologisk miljö för deponering av sitt högaktiva avfall.

KBS-3-metoden, som föreslås i Sverige och Finland, är dock unik genom att det deponerade bränslet ska skyddas av passiva barriärer som ska fungera under hela förvarsperioden (>100 000 år). Det omgivande bergets isolerande förmåga ska kompletteras ytterligare med konstgjorda barriärer för att öka säkerheten. För fyra år sedan (november 2009) arrangerade Kärnavfallsrådet ett internationellt seminarium, som fokuserade på kopparkapseln och de hot och påfrestningar den kommer att utsättas för i slutförvaret framför allt genom korrosion och väteabsorption.² Några forskare har allvarligt ifrågasatt kopparkapselns integritet på lång sikt genom att experimentellt visa på att vätgas utvecklas i samband

¹ Kärnavfallsrådets symposium: *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. Material finns att hämta på www.karnavfallsradet.se.

² Kärnavfallsrådet (2009), *Mechanisms of Copper Corrosion in Aqueous Environments; A report from the Swedish National Council for Nuclear Waste's scientific workshop on November 16, Stockholm 2009*. Report 2009:4.

med att kopparfolier placerats i rent vatten i en syrefri miljö. Resultaten har tolkats som att koppar korroderar på ett sätt som inte varit känt tidigare och som skulle kunna få förödande konsekvenser för kopparkapseln som en tät barriär i slutförvaret. Diskussionen har sedan dess varit livlig och stundtals infekterad mellan Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), några etablerade forskare och även miljöorganisationer.

Kärnavfallsrådet har hela tiden haft en öppen inställning och samtidigt kritiskt granskat tolkningen av resultaten. Öppenhet inför ny oberoende forskning men ifrågasättande inför att resultaten utmanar etablerade termodynamiska samband och deras betydelse för att förutsäga den långsiktiga utvecklingen i slutförvaret. Termodynamiken är ett viktigt redskap för att modellera kemiska processer inte minst med avseende på de tekniska barriärerna under den extremt långa tid som är aktuell.

Symposiet 2013 hölls på engelska (liksom även 2009) för att vi skulle kunna bjuda in utländska forskare som föredragshållare och därigenom få en internationell överblick av frågeställningarna. Fokus låg denna gång på hur samspelet mellan barriärerna förväntas fungera i slutförvarsmiljö på såväl kort som lång sikt. Det betyder att även bentonitbuffertens egenskaper och funktion behandlades med avseende på dess förmåga att skydda kopparkapseln under de varierande miljöbetingelser som förväntas råda under slutförvarstiden.

5.1 Korrosion av kopparkapseln, väteabsorption och krypning

Den första symposiedagen ägnades åt kopparmetallens egenskaper och dess förmåga att vara ett långsiktigt hållbart material i de kapslar som ska innesluta det använda kärnbränslet. De hot mot kapseln som diskuterades var olika typer av korrosion, väteabsorption och krypning, som alla tre påverkar den mekaniska hållfastheten. Det är framför allt korrosion av koppar i syrefritt (anoxiskt) vatten som har varit ett hett diskussionsämne under senare år. Sedan 2009 har flera nya projekt initierats och finansierats av framför allt Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och SKB. De projekt som finansierats av SSM gäller termodynamiska modelleringar av kopparkorrosion i grundvatten med innehåll av bl.a. sulfid- och kloridjoner, som funktion av koncentrationer och vattnets surhetsgrad (pH-

värde) under framför allt syrefria förhållanden samt fortsatta och upprepade studier av kopparkorrosion i syrefritt vatten utförda vid Studsvik AB och Kungliga Tekniska högskolan (KTH). SKB har finansierat en ny studie av kopparkorrosion i rent syrefritt vatten vid Uppsala universitet och vid Micans i Göteborg och dessutom forskning vid KTH om inverkan av γ -strålning på kopparkorrosion. Resultat från alla dessa projekt redovisades vid symposiet.

Den första dagen inleddes med en presentation³ som gav en termodynamisk grund till de miljömässiga förutsättningarna för korrosion av koppar i rent vatten. Sammanfattningsvis gäller att det enbart är vid mycket extrema förhållanden (försumbara halter av kopparjoner i vattnet och ett extremt lågt vätgastryck) som termodynamiska beräkningar visar att korrosion av koppar i rent syrefritt vatten är teoretiskt möjlig. Frågan är därför om det är troligt eller möjligt att liknande förhållanden kan förväntas uppträda i slutförvaret på lång sikt.

Därefter presenterades nya resultat från forskargrupper vid KTH⁴ och Uppsala universitet⁵ där resultaten jämfördes med varandra. En rad experiment har genomförts vid olika forskningsinstitut vid universitet och högskolor och genomgående gäller att vätgas utvecklas, om än i högst varierande mängd, och att övriga korrosionsprodukter är mycket svåra att dokumentera. Det saknas alltså en rimlig materialbalans och det utvecklas betydligt mer vätgas än vad som verkar motsvara själva korrosionsförloppet.

I samtliga fall har kopparfolier använts som är lika tunna som ett pappersark (0,1 mm) vilket innebär att en stor andel av kopparatomerna har exponerats mot omgivande vatten. Därigenom accelereras processen avsevärt så att resultat kan uppnås inom en rimlig tid men försöksupplägget har också avsevärda nackdelar. Resultaten från experimenten vid Uppsala universitet skiljer sig från motsvarande försök vid KTH, Studsvik och Micans i Göteborg genom att vätgasutvecklingen blev mycket lägre. Möjligen beroende på att renhetsgraden på kopparn var högre i uppsalaförsöket (99,9999% jämfört med 99,95%). Ett experiment där kopparfolier av olika renhetsgrad och förbehandling jämfördes under i övrigt identiska

³ Macdonald, Digby, "Some pressing challenges in assuring the integrity of high level nuclear waste isolation systems". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

⁴ Szakálos, Peter, "Copper corrosion and its implications for the KBS-3 concept". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

⁵ Boman, Mats, "Corrosion of copper in molecular oxygen free water". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

försöksbetingelser ledde till stora skillnader i vätgasutveckling.⁶ En stor kontaktyta innebär att även små mängder av föroreningar får stor betydelse genom att en förhållandevis stor del av dem kommer i kontakt med vattnet och får tillfälle att reagera.

En annan viktig faktor är hur olika typer av preparering av ytorna påverkar resultaten. Den metod som använts i uppsalaförsöken ger en klart jämnare yta än i alla tidigare korrosionsexperiment och kan vara ytterligare en förklaring till att vätgasutvecklingen blir mindre. En mycket jämn yta påverkar den totala arealen på molekylnivå men har knappast någon avgörande inverkan på det termodynamiska förloppet. En korrosionsprocess av koppar i vatten måste innebära att halten av kopparjoner ökar på metallytan och/eller i vattnet. Det finns analyser av många olika metalljoner i låga koncentrationer i lösningen efter försöken men kopparhalten har genomgående varit extremt låg. Det tyder på att vätgasutvecklingen kommer från en reaktion på ytan.

Betydelsen av reaktioner på kopparmetallens yta för att förklara orsaker till vätgasutveckling har Kärnavfallsrådet visat i kunskapslägesrapporterna 2010⁷ och 2011⁸. Där beskrevs också ett scenario som visar på att de kopparatomer som finns i gränsytan mot omgivande vatten kan sönderdela vattnet genom reaktionen $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$. Denna reaktionsmekanism finns beskriven i litteraturen⁹ och även om det är en reaktion som är begränsad till att inbegripa de kopparatomer som finns i gränsytan mot omgivande vatten kan mycket vätgas genereras om ytan är tillräckligt stor.

Kopparkorrosion under inverkan av γ -strålning under syrefria förhållanden har undersökts och resultaten presenterades vid symposiet.¹⁰ Den viktigaste strålkällan i slutförvaret är Cs-137 med en halveringstid på cirka 30 år, vilket betyder att γ -strålningen påverkar kapseln i ungefär 100 år. Såväl strålningens totaldos som dosflöde ökar kopparkorrosionen i en syrefri miljö. För att accelerera förloppet har dosflödet i experimentet varit mycket högre än vad

⁶ Hedin, Allan, "Long-term integrity of the KBS-3 canister". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

⁷ SOU 2010:6 *Kunskapslägesrapport på kärnavfallsområdet 2010: utmaningar för slutförvarsprogrammet*. Kärnavfallsrådet.

⁸ SOU 2011:14 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011: geologin, barriärerna, alternativen*. Kärnavfallsrådet.

⁹ Protopopoff, E. and Marcus, P.N. (2005), "Potential-pH diagrams for hydroxyl and hydrogen adsorbed on a copper surface", *Electrochimica Acta*, 51, 408–417.

¹⁰ Leygraf, Christofer, "Radiation induced corrosion of copper for spent nuclear fuel" *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

som förväntas i slutförvaret och även om totaldosen motsvarar den förväntade kan det vara svårt att för närvarande dra några bestämda slutsatser om strålningens långsiktiga betydelse för korrosion av kopparkapseln. Fortsatt forskning är motiverad med tanke på reaktioner i svetsfogar som beskrivs i stycket nedan.

Absorption av väte i koppar och dess betydelse för den mekaniska hållfastheten presenterades under symposiet i en forskningsstudie som gav en detaljerad bild av mekanismerna för hur väte uppför sig i metallen.¹¹ Löslighet, diffusion och penetration av väte i koppar är alla långsamma processer, vilket betyder att det tar mycket lång tid att uppnå en vätemättad kopparmetall. Huvuddelen av vätet är i form av vätemolekyler och endast en mindre del förekommer som atomärt väte i fast lösning med koppar. Absorberat väte försämrar kopparmetallens mekaniska egenskaper och kan orsaka skador på ytan. En kontinuerlig tillförsel av väte under högt tryck orsakar ökad krypning och ytterligare skador på kopparmetallens yta. Forskningen visar på ett fortsatt behov av att studera väteabsorption i såväl kopparmetallen som i svetsfogar som utsätts för γ -strålning.

Krypning innebär en långsam deformation av metall, t.ex. koppar, som utsätts för en mer eller mindre konstant yttre påverkan. En liten tillsats av fosfor i metallen reducerar krypningen till acceptabla nivåer i kopparkapseln. Faktum är att man fortfarande inte känner till orsaken till att detta sker även om det finns ett antal hypoteser. Föredragshållaren ansåg att SKB ännu inte har presenterat övertygande bevis för att kopparkapseln har tillräckligt bra krypegenskaper.¹²

Symposiets första dag avslutades med att SKB redovisade möjliga hot mot barriärernas långsiktiga funktion enligt beräkningar i den senaste säkerhetsanalysen.¹³ Dit hör bl.a. olika typer av korrosion av kopparkapseln och erosion av bentonitbufferten. Skillnader i renhetsgrad mellan de folier som använts i tidigare korrosionsförsök vid KTH och Studsvik (99,95 %), Micans (99,99 %) och Uppsala universitet (99,9999 %) redovisades tillsammans med andra olikheter i experimentens förutsättningar såsom bakgrundsnivå av syre och metoder för rengöring och behandling av kopparmetallens yta.

¹¹ Hänninen, Hannu, "Hydrogen absorption on copper and implication for long-term safety". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

¹² Pettersson, Kjell, "The creep ductility problem of copper". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

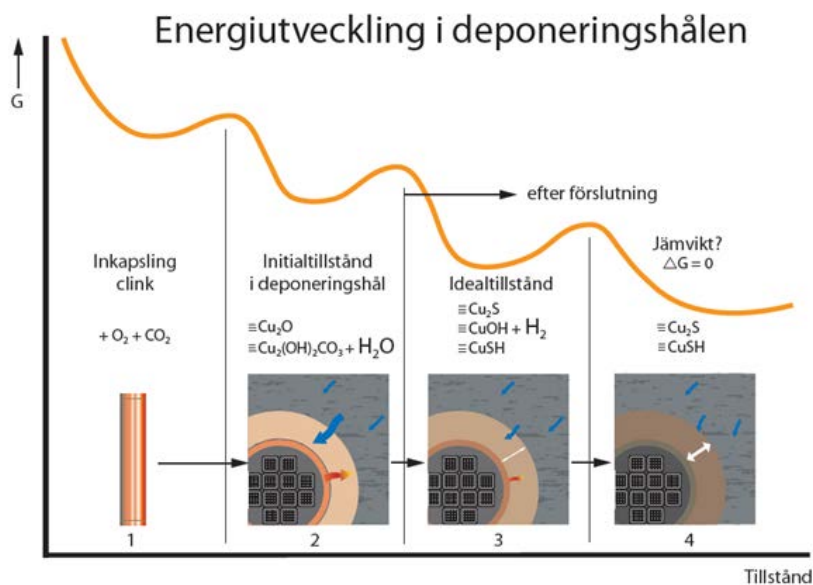
¹³ Hedin, Allan, "Long-term integrity of the KBS-3 canister". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

Det verkar finnas ett samband mellan såväl renhetsgraden som metoden för ytbehandling och mängden vätgas som genereras i de utförda försöken. En mekanism för korrosion av koppar i vatten kan endast åstadkommas genom att man upprättar en trovärdig materialbalans eftersom bildad vätgas måste balanseras av andra korrosionsprodukter som innehåller kopparjoner. En sådan materialbalans finns ännu inte.

Kärnavfallsrådet kan konstatera att meningsutbytet om koppar-kapseln långsiktiga egenskaper som tät barriär i slutförvaret fortsätter. Detta gäller framför allt korrosion men även andra processer som väteabsorption och krypning.

När kapseln har deponerats i slutförvaret kommer den att utsättas för en rad yttre faktorer som påverkar dess egenskaper på lång sikt. Efter inkapsling av det använda bränslet och förslutning kommer kapseln att ha en temperatur av cirka 100^o C på grund av strålningsvärmen, som därefter sjunker gradvis under ungefär 800 år. Under båttransporten från inkapslingsanläggningen i Oskarshamn till slutförvaret i Forsmark kommer metallytan att korrodera i kontakt med omgivande luft och det bildas ett skikt av kopparoxid (Cu_2O) och kopparkarbonat ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$). När kapseln deponerats kommer den att omges av bentonitbufferten som långsamt absorberar grundvatten från omgivande berg under en tidsperiod av flera hundra år samtidigt som trycket mellan berg och kapsel ökar (se fig. 5.1). En ojämn vattenmättnings och svällning av bentoniten kan leda till spänningskorrosion och galvanisk korrosion, men eftersom ytan på kapseln redan är oxiderad kan detta eventuellt betyda att den är mer skyddad än en ren metallyta skulle vara. Kopparkorrosion i rent syrefritt vatten skulle innebära att samma typ av korrosionsprodukter som redan finns på ytan ska bildas, vilket bör fungera hämmande för reaktionen. Rådet anser att SKB bör undersöka dessa förhållanden ytterligare.

Figur 5.1 Energiutveckling i slutförvaret



Anm: X-axeln illustrerar statusutvecklingen i deponeringshålen och y-axeln beskriver förändringar i Gibbs fria energi (G)

5.2 Erosion av bentonitbuffert och återfyllning samt bergspänningars inverkan på hållfastheten

Kärnavfallsrådet konstaterar att bentonitbufferten kan komma att tillverkas till block under högt tryck genom isostatisk eller enaxlig pressning. Innan vattenabsorptionen från det omgivande berget kommit igång ordentligt kommer bufferten att utsättas för strålningvärme från kapseln. Detta innebär att bentonitleran närmast kapseln kommer att torka ut under ett antal hundra år innan den mättas av grundvatten. Tillståndet kan betecknas som ett idealtillstånd eftersom det är först efter denna tid som bufferten har fått sin optimala densitet och vattengenomsläpplighet. Då har också syremolekylerna förbrukats och miljön blivit syrefri.

Vattenabsorptionen i bentoniten ska också skapa ett högt och stabilt tryck mot kapseln och det omgivande berget (se fig. 5.1). Det är av avgörande betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet att bufferten skyddar kopparkapseln mot inträngande grundvatten och även dämpar påverkan från mindre rörelser i berget.

Vid Kärnavfallsrådets symposium i november 2013 presenterades några nya insikter om bentonitlerans och buffertens egenskaper och uppträdande i förvarsmiljö. Bergspänningarna i slutförvaret i Forsmark är höga, vilket har konstaterats av Kärnavfallsrådet i tidigare rapporter. En av föredragshållarna pekade på risken att när den varma kapseln har deponerats kan det leda till att bergväggarna i deponeringshålen spricker upp och att vattenmättad bentonitlera kan tränga in i sprickorna, erodera och förvärpa förhållandena.¹⁴ Detta scenario är inte nytt för SKB. En tänkbar motåtgärd skulle enligt föredragshållaren vara att borra deponeringshålen med cirka 45° lutning mot vertikalplanet för att därigenom minska bergspänningarnas påverkan på kapseln. Detta innebär dock att kopparkapsel och buffert då måste inneslutas i s.k. supercontainers för att kunna deponeras. En nackdel med den lösningen är att ytterligare material (stål eller brons) måste tillföras i förvaret vilket kan göra det ännu mer komplicerat att förutsäga den långsiktiga utvecklingen. Dessutom kommer paketen med kapsel och buffert i en supercontainer att väga nästan dubbelt så mycket som kapseln själv vilket gör dem svårare att hantera.

Agence Nationale pour la Gestion Des Déchets Radioactifs (ANDRA) är ett statliga affärsverk som har i uppgift att hantera det franska radioaktiva avfallet.¹⁵ I en presentation från ANDRA redovisades deras erfarenheter av bentonit från utvecklandet av det franska slutförvaret för använt kärnbränsle.¹⁶ Användning av bentonitlera och andra lermineral i det franska förvaret har liknande syften som i KBS-3-metoden genom att utnyttja deras egenskaper såsom homogenitet, förmåga till jonbyte och absorption, svällning i vatten och låg diffusion. Bentoniten i förvaret kommer i kontakt med både stålbehållare och betong och man forskar för närvarande på hur detta påverkar dess funktion på kort och lång sikt vid olika temperaturer. Kärnavfallsrådet anser att resultaten från dessa studier kan ge värdefull information för utformningen av det svenska slutförvaret.

Bentoniterosion kan vara ett långsiktigt hot mot buffertens funktion i slutförvaret och ny forskning från Finland presenterades

¹⁴ Pusch, Roland, "Physical/chemical stability of the buffer clay in a KBS-3V repository". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

¹⁵ ANDRA bedriver även forskning om slutförvaring i granit samt om separation och transmutation och vidare långsiktig ytlagring av avfall efter konditionering.

¹⁶ Michau Nicolas, "Chemical stability of bentonite and claystone under repository conditions in the French context: interactions between clay materials and cement, iron and glass". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

på symposiet.¹⁷ Erosionen är störst vid låga jonstyrkor och vid låga koncentrationer av kalciumjoner (Ca^{2+}) i grundvattnet. Kvoten mellan natriumjoner och kalciumjoner ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) i bentoniten är en viktig faktor och den får inte bli för hög. Risken för erosion är störst efter en istid i samband med att smältvatten kan transporteras ner till förvarsnivå. Osäkerheten är enligt Kärnavfallsrådet störst i återfyllningen eftersom vattenströmningen i deponeringstunnlar och schakt är betydligt svårare att kontrollera samtidigt som bentonitkvaliteten är lägre i återfyllningen och andelen pellets högre. Andra viktiga parametrar som påverkar erosionen är grundvattnets flödes-hastighet och jonstyrka samt bentonitens mineralsammansättning.

SKB redogjorde för tillverkning och installation av buffertblock av bentonit i deponeringshål och deponeringstunnlar.¹⁸ Det finns enligt SKB behov av att hitta en optimal metod för kompaktering (isostatisk eller enaxlig pressning), upprätthålla en lämplig miljö under lagring och transport av färdiga enheter, förhindra skador på bentoniten vid deponering av kapseln och följa utvecklingen under den första tiden i deponeringshålen. Möjligheten att genomföra en artificiell bevattning av bentoniten som föreslagits av Kärnavfallsrådet undersöks också. Logistiken kommer att vara viktig inte minst med tanke på att bentonit av olika kvalitet kommer att användas i deponeringshål och i återfyllningen av deponeringstunnlar.

En presentation innehöll en redogörelse för krav, utveckling och utvärdering av buffert och återfyllning i programmet för att bygga ett slutförvar i Finland.¹⁹ Målsättningar för säkerhet och funktion av buffert och återfyllning har definierats på ett liknande sätt som i Sverige. Man har också utvärderat ett antal osäkerhetsfaktorer för buffertens långsiktiga utveckling, t.ex. erosion av buffert och korrosion av kapseln, felaktigheter i beräkningsmodell och data samt de radiologiska konsekvenserna av ett kapselbrott. Det finns osäkerheter kring den framtida utvecklingen men man anser att den långsiktiga säkerheten för närvarande inte är hotad. Forskningen fortsätter inom området. Kärnavfallsrådets intryck är att det i dagsläget pågår ett intensivt forskningsarbete om bentonitens långsiktiga

¹⁷ Schatz, Tim, "Chemical erosion of bentonite components in the KBS-3V design". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

¹⁸ Luterkort, David, "Production of bentonite components and operational issues". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

¹⁹ Snellman, Margit, "Performance of the buffer and uncertainty management in the Finnish safety case TURVA-2012". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

egenskaper i Finland och att samarbetet mellan Posiva Oy (SKB:s motsvarighet i Finland) och SKB är stort.

5.3 Energiutveckling i slutförvaret

KBS-3-metodens långsiktiga säkerhet bygger i hög grad på att samspelet mellan barriärerna, kopparkapsel, bentonitbuffert och omgivande berg, uppfyller säkerhetsanalysens krav. Samspelet mellan barriärerna är speciellt viktigt med tanke på att den långsiktiga utvecklingen av miljön i slutförvaret kommer att innebära perioder av uttorkning och vattenmättnad av bufferten och återfyllningen tillsammans med långsamma förändringar av kopparkapseln genom korrosion, väteabsorption och krypning. Bentonitbuffertens funktion som skyddsbarriär påverkas bl.a. av erosion, mineralomvandling, jondiffusion, kolloidtransport och syreförbrukning.

Initialtillståndet för bentonitbufferten innebär att den har kompakterats under högt tryck till block och pellets innan den deponeras i borrhålen. Innan vattenabsorptionen från omgivande berg kommer igång ordentligt kommer bufferten att utsättas för strålningsvärmens från kapseln. Detta betyder att bentonitleran närmast kapseln kommer att torka ut under ett antal hundra år innan den mättas av grundvatten. Det nya tillståndet kan kallas idealtillstånd (eng. target state) därför att miljön har ändrats från oxisk till anoxisk (syrefri) genom att syremolekyler i bentoniten har förbrukats av föroreningar och buffertens densitet har ökat genom att bentonitleran har svällt.

Hur lång tid processen tar från initialtillstånd till idealtillstånd kommer att variera avsevärt mellan olika deponeringshål på grund av att vattentillförseln varierar och inte kan styras. Man kan troligen räkna med tidsdifferenser mellan enskilda deponeringshål på upp till 100 gånger innan bufferten är vattenmättad. Till detta kommer att en skillnad i temperatur mellan kapsel och berg kommer att bestå i cirka 800–1 000 år och störa hela vattenmättnadsprocessen. Övergången från initialtillstånd till idealtillstånd innefattar dessutom en rad andra skeden som påverkar slutförvaret på lång sikt (fig. 5.1).²⁰

²⁰ Forsling, Willis, "On the long-term durability of the engineered barriers in the repository". *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

5.4 Kärnavfallsrådets sammanfattande synpunkter

Forskningen om de tekniska barriärerna har under den senaste tiden inriktats alltmer mot grundläggande materialfrågor som kemiska och fysikaliska egenskaper hos koppar och bentonitlera. Kopparmetall har visat sig ha en förmåga att klyva vattenmolekyler till vätgas (H_2) och hydroxidjoner (OH^-) utan att detta samtidigt genererar kopparjoner (Cu^+) i motsvarande omfattning. Det betyder att det hittills inte varit möjligt att upprätta en tillförlitlig materialbalans, vilket är ett krav för att fastställa om koppar verkligen korroderar i syrefritt vatten och att reaktionen inte bara är begränsad till ytan.

Denna problemställning har omnämnts av Kärnavfallsrådet i kunskapslägesrapporterna 2010 och 2011. Oenigheten om kopparkorrosion i syrefritt vatten får inte urarta till att försöka påvisa eventuella fel i försöksuppläggning och materialval om resultaten inte överensstämmer med den egna åsikten. Det är ett underbetyg för vetenskapssamhället om frågan om kopparkorrosion i syrefritt vatten inte kan hanteras på ett sätt som skapar förtroende hos allmänheten. Dessutom kommer kopparkapseln när den deponeras redan att ha ett skikt av korrosionsprodukter på ytan, vilket säkert kommer att påverka den fortsatta utvecklingen i förvaret och ställa frågan om kopparkorrosion i ett nytt ljus. Kärnavfallsrådet har i en tidigare kunskapslägesrapport (2012)²¹ beskrivit en tänkbar utveckling av en oxiderad kopparkapsel efter deponering och rekommenderar ytterligare forskning inom detta område.

Bufferten i deponeringshålen är kopparkapseln beskyddare mot korrosiva ämnen i grundvattnet och mindre skjuvningar i omgivande berg. Bentonitbufferten är i sin tur hotad av en rad processer, t.ex. erosion som innebär att massan minskar, jonbyten och mineralomvandlingar, långvarig uttorkning före vattenmättning, ojämnt tillflöde av vatten vilket leder till ojämn svällning och spänningar i kopparkapseln, frysning och upptining av block och pellets i återfyllningen m.m. Allt detta kan förväntas ske även om bentonitbuffertens utveckling i förvaret följer den tänkta utvecklingen. Kärnavfallsrådet har i en rad tidigare kunskapslägesrapporter (2010, 2011, 2012) beskrivit möjliga konsekvenser av alla dessa händelser

²¹ SOU 2012:7 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012 – långsiktig säkerhet, haverier och global utblick*. Kärnavfallsrådet.

och föreslår i kunskapslägesrapporten 2013²² att SKB tillför vatten i deponeringshålen på artificiell väg för att utjämna skillnader mellan torra och ”våta” deponeringshåll. Ett ”sladdlöst” system för att verifiera processer i bufferten i några deponeringshåll med avseende på t.ex. vattenmättning på olika nivåer, tryck mot kapseln, syreförbrukning och temperatur på olika avstånd från kapseln skulle ge värdefull information om den framtida utvecklingen. En långvarig uttorkning med påföljande mineraltransport och omvandling i bufferten liksom ett ojämnt vatteninflöde kan på sikt skada kapseln.

Referenser

- Boman, Mats, “Corrosion of copper in molecular oxygen free water”. Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository’s engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. <http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).
- Forsling, Willis, “On the long-term durability of the engineered barriers in the repository”. Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository’s engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. <http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).
- Hedin, Allan, “Long-term integrity of the KBS-3 canister”. Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository’s engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. Tillgänglig: <http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).
- Hänninen, Hannu, “Hydrogen absorption on copper and implication for long-term safety”. Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository’s engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013. <http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>

²² SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet.

seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013 (hämtad 2014-01-23).

Kärnavfallsrådet (2009), *Mechanisms of Copper Corrosion in Aqueous Environments; A report from the Swedish National Council for Nuclear Waste's scientific workshop on November 16, Stockholm 2009*. Report 2009:4. Stockholm: Fritzes.

Leygraf, Christofer, "Radiation induced corrosion of copper for spent nuclear fuel". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).

Luterkort, David, "Production of bentonite components and operational issues", Svensk kärnbränslehantering AB (SKB), Sweden. Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).

Macdonald, Digby, "Some pressing challenges in assuring the integrity of high level nuclear waste isolation systems". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

<http://www.karnavfallsradet.se/publikationer/presentation-some-pressing-challenges-in-assuring-the-integrity-of-high-level-by-digby> (hämtad 2014-01-23).

Michau Nicolas, "Chemical stability of bentonite and claystone under repository conditions in the French context: interactions between clay materials and cement, iron and glass". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013> (hämtad 2014-01-23).

Pettersson, Kjell, "The creep ductility problem of copper". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

- <http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>
(hämtad 2014-01-23).
- Protopopoff, E. and Marcus, P.N. (2005), "Potential-pH diagrams for hydroxyl and hydrogen adsorbed on a copper surface", *Electrochimica Acta*, 51, 408–417.
- Pusch, Roland, "Physical/chemical stability of the buffer clay in a KBS-3V repository". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.
<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>
(hämtad 2014-01-23).
- Schatz, Tim, "Chemical erosion of bentonite components in the KBS-3V design". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.
<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>
(hämtad 2014-01-23).
- Snellman, Margit, "Performance of the buffer and uncertainty management in the Finnish safety case TURVA-2012". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.
<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>
(hämtad 2014-01-23).
- SOU 2010:6 *Kunskapslägesrapport på kärnavfallsområdet 2010: utmaningar för slutförvarsprogrammet*, Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2011:14 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2011: geologin, barriärerna, alternativen*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2012:7 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2012 – långsiktig säkerhet, haverier och global utblick*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.

Szakálos, Peter, "Copper corrosion and its implications for the KBS-3 concept". Föredrag vid Kärnavfallsrådets symposium *New insights into the repository's engineered barriers*, Stockholm, 20-21.11.2013.

<http://www.karnavfallsradet.se/utfragningar-seminarier/new-insights-into-the-repository-s-engineered-barriers-2013>
(hämtad 2014-01-23).

6 Samhällsvetenskaplig forskning i ett internationellt perspektiv

6.1 Inledning

Problemen med att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle är inte uteslutande tekniska och naturvetenskapliga. De är också samhällsvetenskapliga och humanistiska. Hur påverkas exempelvis kärnavfallshanteringen av de diskussioner om konstruktionen av helt nya reaktorer, så kallade Generation IV reaktorer, som beskrivs i denna rapport (se kapitel 4). Vad innebär internationaliseringen av SKB:s KBS-3-metod för kärnavfallsfrågans hantering internationellt och i Sverige? Vilka etiska perspektiv uppstår som konsekvens av de långa tidsperspektiven? Relevanta frågor av detta slag kräver humanistiska och samhällsvetenskapliga metoder och analyser för att kunna besvaras.

Inom det samhällsvetenskapliga och humanistiska fältet finns för närvarande en omfattande europeisk forskningsverksamhet med flera intressanta och målstyrda initiativ inom ramen för OECD:s organ på kärnkraftsområdet Nuclear Energy Agency (NEA), Europeiska kommissionen och Euratoms sjunde ramprogram för forskning. Ett exempel på samhällsvetenskaplig uppmärksamhet i Europa är kommissionens program Horizon 2020.¹ Detta står i skarp kontrast till verksamheten inom nationellt finansierade svenska projekt på området som har betydligt blygsammare proportioner. Det är särskilt olyckligt med tanke på att SKB:s tillståndsansökan om att bygga ett svenskt slutförvar för använt kärnbränsle prövas för närvarande av Strålsäkerhetsmyndigheten och Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt.

Av den anledningen vore det önskvärt att svenska samhällsvetenskapliga och humanistiska forskare, som i mångt och mycket

¹ <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en> (hämtad 2014-02-05).

lett utvecklingen internationellt, nu får resurser att fortsätta det framgångsrika arbetet.² En sådan önskan är också i enlighet med Olof Söderbergs utvärdering av SKB:s samhällsvetenskapliga forskningsprogram mellan 2004 och 2011 där han drar slutsatsen att: ”Det är ett uppenbart samhällsintresse att forskning med humanistiska och samhällsvetenskapliga utgångspunkter kring kärnavfallsfrågor äger rum.” Han konstaterar vidare att det sannolikt kommer ”att finnas behov av fortsatt forskning kring kärnavfallsfrågor med humanistiska och samhällsvetenskapliga utgångspunkter.”³ Trots detta har SKB beslutat att inte följa upp den satsningen med nya samhällsvetenskapliga forskningsprogram eller motsvarande initiativ.

Följande redogörelse tar upp avslutade, pågående och planerade forskningsprojekt inom det samhällsvetenskapliga och humanistiska området med hänsyn till problem relaterade till hanteringen av kärnavfall. Redovisningen är inte fullständig, utan har ambitionen att kortfattat ta upp och beskriva den viktigaste pågående verksamheten internationellt och i Europa utifrån ett svenskt perspektiv.

6.2 En europeisk projektbakgrund

6.2.1 Cowam-projekten

På europeisk nivå har forskningssatsningar framför allt finansierats genom Europeiska atomenergigemenskapens (Euratom) ramprogram för forskning och utbildning på kärnenergiområdet. På samma sätt som europeisk forskningsfinansiering generellt, sker här satsningarna i form av ramprogram som följer på varandra.

En tidig satsning var det första Cowam-projektet (Construction Waste Management) som löpte mellan 2000 och 2003. Det kallades ”Nuclear waste management from a local perspective. Reflections for a Better Governance” och finansierades av Euratoms femte ramprogram för forskning och utbildning på kärnenergiområdet. Resultatet var ett europeiskt nätverk bland aktörer som berördes av hanteringen av radioaktivt avfall i Europa. I nätverket ingick lokala

² Förutom SKB:s samhällsvetenskapliga program bör forskningsprojektet ”Currents Trends and Coming Challenges in the Management of High Level Radioactive Waste. A Comparison of France, Germany, India, Japan, Russia, Sweden, UK, and the U.S.” finansierat av Formas 2008-2012 framhållas.

³ Söderberg, Olof (2012), *SKB:s program för samhällsforskning 2004–2011 En utvärdering* SKB P-12-14, s. 74.

aktörer, experter, verkställare och myndigheter som medverkade på seminarier inom nätverket. Syftet var att skapa en arena för lokala aktörer att utbyta erfarenheter, ge synpunkter på relevanta frågor för hantering av radioaktivt avfall och utveckla en gemensam referensram.

Det andra Cowam-projektet, Cowam II, var under de tre följande åren 2004 till 2006 inriktat på att bygga nätverk och samverka för forskning inom området. Syftet med det följande Cowam in Practice mellan 2007 och 2009 var att stödja pågående processer kring hantering av radioaktivt avfall med fokus på de nationella processerna i Spanien, Storbritannien, Rumänien, Slovenien och Frankrike.

6.2.2 Från RISCOT till MoDeRn

EU:s femte ramprogram inkluderade finansiering av RISCOT II (Transparency and Public Participation in Radioactive Waste Management) mellan 2000 och 2003 som var ett försök att öka transparensen i olika nationella kärnavfallsprogram genom att utgå från erfarenheter från den svenska platsvalsprocessen. Projektet var koordinerat av SKI och hade elva deltagande organisationer i Sverige, Finland, Frankrike, Tjeckien och Storbritannien. En fortsättning var Argona (Arenas for risk governance) som finansierades mellan 2006 och 2009 genom sjätte ramprogrammet. Syftet var här att visa hur processer för deltagande och transparens kan kopplas till politiska processer och legala strukturer och hur nya processer kan införas i ländernas kärnavfallsprogram. I Argona-projektet deltog 14 organisationer och det leddes av Sverige med start 2006 (från start av SKI och sedan 2009 av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM). I delprojekten arbetade man med deltagandeprocesser, miljökonsekvensbeskrivningar, lagstiftning och policy, institutionella förutsättningar, aktörers roller i processen och möjligheter till påverkan m.m.

Också Obra-projektet (European observatory for long-term governance on radioactive waste management) finansierades genom sjätte ramprogrammet mellan 2006 och 2008. Inom projektet undersöktes möjligheten att etablera en europeisk nätverksplattform med uppgift att förse olika intressenter med information och kunskap om använt kärnbränsle och långlivat radioaktivt avfall, t.ex. oberoende expertis och övningsuppgifter. Projektet var tänkt att utveckla en modell för ett kunskapscentrum som kunde gene-

rera och upprätthålla kunskap under lång tid kring olika frågeställningar från kommunala och regionala nivåer inom Europa. Uppgiften var också att underlätta nätverksbyggande mellan universitet och stödjande arbete inom tekniska och samhällsvetenskapliga discipliner kopplat till hantering av kärnavfall.

Senare har RISCUM-modellen åter använts inom ett projekt som kallas IPPA (Implementing public participation approaches in radioactive waste disposal) som finansierats av Euratoms sjunde ramprogram från 2011 och fram till början av 2014. Här var syftet att involvera ökat deltagandet i kärnavfallsprogrammen i Polen, Tjeckien, Slovakien, Rumänien och Slovenien.

Ett projekt som delfinansierats av Euratoms sjunde ramprogram och OECD var MoDeRn (Monitoring Developments for Safe Repository Operation and Staged Closure), ett tvärvetenskapligt projekt om möjligheter till och efterfrågan på övervakning av slutförvarat kärnavfall. Projektet löpte mellan 2009 och 2013 och engagerade arton olika partnerländer från EU förutom USA, Japan och Schweiz med mycket aktivt deltagande från Sverige. Ett viktigt resultat inom projektet har varit betydelsen av att inte analysera övervakningstekniker som en förtroendeskapande teknik i sig utan att ta hänsyn till sociala och institutionella faktorer. Frågor om vad som ska övervakas, hur data från övervakning ska sorteras och lagras samt vem som ska göra det är alla både samhällsvetenskapliga och tekniska på en och samma gång. Som en följd av sådana insikter har det påpekats att övervakningsprogram bör utformas så pass flexibelt att de kan förändras i takt med att regler och ramverk för bygget av ett slutförvar för kärnavfall utvecklas. Här understryks också vikten av att övervakningsprogrammets innehåll och utformning är helt och hållet öppna och transparenta för allmänheten. Övervakning av slutförvarat kärnavfall kan alltså mycket väl komma till användning för att skapa förtroende för olika valda depositionslösningar, men kontrollen måste då betraktas och utformas lika mycket som en social aktivitet som en teknisk. Följaktligen måste kontrollen också anpassas efter innovationer och kunskapsutveckling inom båda dessa sfärer.⁴

⁴ MoDeRn Deliverable D1.3.1, Tillgänglig:
http://www.modern-fp7.eu/fileadmin/modern/docs/Deliverables/MoDeRn_D1.3.1_Basis_for_Stakeholder_info.pdf (hämtad 2014-02-05).

6.3 Pågående europeiska projekt

6.3.1 InSOTEC

Under 2011 startade ytterligare ett treårigt europeiskt forskningsprojekt om använt kärnavfall, InSOTEC (International Socio-Technical Challenges for Implementing Geological Disposal) med medel från Europeiska kommissionen via Euratom. Projektet kommer att avslutas under sommaren 2014, något som innebär att denna redogörelse gäller en pågående projektverksamhet.

Huvudsyftet med InSOTEC är att undersöka relationerna mellan tekniska och sociala utmaningar när det gäller hanteringen av radioaktivt kärnavfall, särskilt med hänsyn till geologisk slutförvaring. Utgångspunkten är att sociala och politiska krav formar tekniska lösningar lika mycket som tekniska och vetenskapliga värderingar och omdömen formar sociala, juridiska och politiska processer. För att kunna undersöka tekniska och sociala perspektiv på kärnavfalls-hantering både nationellt och internationellt ingår en rad olika aktiviteter i InSOTEC. En grund har varit ett drygt tiotal undersökningar av olika nationella beslutsprocesser kring kärnavfalls-hantering liksom en sammanställning av de olika resultaten.⁵ Till detta kommer ett antal fallstudier där olika sociotekniska mekanismer har undersökts mer specifikt, exempelvis platsvalsprocesser och möjligheterna till återtag av kärnavfall.

En faktor som betraktas som särskilt utmärkande för kärnavfalls-problematiken och de lösningar som föreslås är diskussioner om återtag av kärnavfall som har påverkat synen på geologiskt slutförvar i olika länder, även där sådana krav inte finns idag. En annan observation gäller hur långsiktig politisk och annan styrning av slutförvar har blivit ett mycket angeläget forskningsområde i takt med att olika geologiska slutförvar planeras och byggs i ett flertal länder.⁶

Ur ett svenskt perspektiv är det förstas av intresse att notera en fyllig redogörelse för de sociotekniska utmaningarna när det gäller geologiskt slutförvar av använt kärnbränsle.⁷ Här pekas framför allt två utmaningar ut. En första gäller att kontinuerligt upprätthålla en

⁵ Tillgänglig : <http://www.insotec.eu/publications/file-cabinet> (hämtad 2014-02-05).

⁶ InSOTEC deliverable D1.2. Tillgänglig:

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=aW5zb3RlYy5ldXxpbnNvdGVjGd4OjMzZDVlYTQ3Y2Y5ZDFiNmY> (hämtad 2014-02-05).

⁷ Tillgänglig:

http://curie.ornl.gov/system/files/documents/SEA/WP1_MS11_CR_Sweden_Final.pdf (hämtad 2014-02-05).

ordning där politiska värderingar betraktas som prioriterade över geologiska när det gäller platsvalsprocesser. En andra gäller finansieringen av ett slutförvar, en utmaning som även uppmärksammas av en rad andra aktörer och har inte minst rapporterats i medierna.

6.4 Planerade europeiska projekt

6.4.1 Tekniska plattformar i Europa

Flera EU-länder har för närvarande ekonomiska problem. Huvudingredienserna i form av stagnerande ekonomier och ifrågasättande av den gemensamma valutans framtid är välkända. Allt detta skymmer sikten för högt ställda utvecklingsmål, bl.a. har EU en målsättning att inom några år komma i kapp Japan och USA på det tekniska innovationsområdet. Sydkorea ökar visserligen sitt övertag, men sedan 2008 knappar EU in på USA och Japan. I jämförelse med dessa länder upplevs det som ett problem att EU består av flera oavhängiga stater som ibland kan ha svårt att koordinera sina olika forsknings- och innovationssatsningar.

För att öka den överstatliga koordineringen och samarbetet liksom de gemensamma målsättningarna inom olika områden har de teknologiska plattformarna (ETP, European Technological Platforms) bildats. ETP är mötesplatser där industri, kunder och vetenskap kan utveckla långsiktiga forskningsprojekt och innovationsstrategier. Närmare bestämt är uppgiften att definiera forskningsprioriteringar, t.ex. sådana som kan bli aktuella för ansökningar till EU:s ramprogram Horizon 2020 för forskning och innovationer som ska löpa fram till 2020. De teknologiska plattformarna beskrivs som "key elements in the European innovation ecosystem", men det understryks att dessa plattformar varken ägs eller styrs av EU, utan är självständiga organisationer.

En plattform är IGD-TP (Implementing Geological Disposal Technology Platform) som bildades 2009 för att öka samproduktion av kunskap på både europeisk och nationell nivå. IGD-TP är öppet för deltagande för alla intressenter. Ändå drog sig Greenpeace EU Unit ur arbetet 2012 med hänvisning till erfarenheten att plattformen inte befrämjade öppna diskussioner. IGD-TP har uttryckt en vision om att det ska finnas ett första säkert geologiskt förvar för använt kärnbränsle, högaktivt avfall och andra långlivade avfallsprodukter i Europa 2025. Men visionen har samtidigt kriti-

serats för att leda till en allt för stark läsning vid geologiskt slutförvar som metod.

6.4.2 Platenso

Ett annat projekt finansierat av Europeiska kommissionen från 2013 genom det sjunde ramprogrammet är Platenso (Building a platform for enhanced societal research related to nuclear energy in Central and Eastern Europe) som kan bli den första plattformen utanför det tekniska området. Platenso ska förstärka forskningsinstitutioner i länder i Central- och Östeuropa så att de bättre kan delta i EU:s projekt på området. Det är 19 forskningsinstitutioner som deltar i projektet med en viss tyngdpunkt i Central- och Östeuropa. Samarbetet mellan dessa institutioner och motsvarande institutioner inom olika EU-länder är ett viktigt led i uppbyggnaden av plattformen.

Inledningsvis kommer Platenso-projektet inriktas på att sammanfatta lärdomar från andra likartade projekt (t.ex. EU-projekten Argona och Insotec). Projektet kommer då att

1. utveckla nätverk mellan institutioner inriktade på samhällsvetenskaplig kärnkrafts- och kärnavfallsforskning
2. bygga upp forskningsstrategier
3. utforska ett särskilt scenario kring uppbyggnaden av Generation IV-kärnreaktorer och de sociala förutsättningarna och konsekvenserna av en sådan utveckling.

Kärnavfallsfrågan är en viktig del i arbetet inte minst genom studier av förutsättningarna för etiskt och socialt godtagbara platsvalsprocesser och Sverige anses kunna dela med sig av värdefulla erfarenheter i denna fråga.

6.5 Aktiviteter inom ramen för OCED:s Nuclear Energy Agency (NEA)

6.5.1 Forum on Stakeholder Confidence

Inom ramen för Nuclear Energy Agency vid OECD finns ett antal expertgrupper varav några är relevanta för samhällsvetenskapliga och humanistiska perspektiv på kärnavfallsområdet. Forum on Stakeholder Confidence (FSC) skapades 2000 på uppdrag av Nuclear Energy Agency (NEA), som är OECD:s organ för frågor gällande kärnkraft. Forumet ger en möjlighet till ett utbyte av internationella erfarenheter av samhällseliga aspekter av hur radioaktivt avfall kan hanteras. Det ger även utrymme för en diskussion om hur man kan föra en dialog med befolkningen och skapa förtroende för beslutsprocessen.

Medlemmar i forumet kommer från 18 länder och representerar statliga organisationer, tillsynsmyndigheter, forskare och deltagare från industrin. Vid forumets årliga möten diskuteras hanteringen av radioaktivt avfall och forumet arrangerar också en nationell workshop för kompetensuppbyggnad och dialog mellan medlemmarna, beslutsfattare och allmänhet.

Forumet har vidare genomfört studier och publicerat ett flertal rapporter som innehåller granskningar, rekommendationer, utvärderingar eller översikter. En del rapporter behandlar övergripande frågor som centrala begrepp och termer inom slutförvarsområdet eller vägledande principer om slutförvarsprocessen. Andra utreder mer specifika frågor, exempelvis om deltagande och avveckling av kärntekniska anläggningar, stegvist beslutsfattande eller olika tekniker för intressenters deltagande. Ett flertal rapporter handlar om olika aspekter som berör platsvalsprocessen, bl.a. frivillighet, kommunalt beslutsfattande, samråd och deltagande. De institutionella förutsättningarna för hantering av radioaktivt avfall samt utvärdering av tillsynsmyndigheternas roll i hantering av radioaktivt avfall har även varit bland de frågor som har lyfts av organisationen.

6.5.2 Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (RK&M)

En annan expertgrupp inom OCED/NEA gäller "Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations" (RK&M) och de har träffats sedan 2011 för att arbeta med frågor som rör bevarande av och tillgänglighet till kunskap om kärnavfall över flera generationer. Gruppen består av representanter från OECD som tillsammans med forskare och experter, industri- och statstjänstemän, liksom kommunrepresentanter och deltagare från olika länders intresseorganisationer som arbetar med frågor som rör hur dokumentation om kärnavfallshantering ska kunna sparas och göras åtkomligt för framtida generationer. Från Sverige deltar representanter från SKB, Kärnavfallsrådet, Östhammars kommun samt forskare från Linnéuniversitetet. Här har även förekommit inbjudna experter från olika fält som presenterat olika perspektiv på kunskapsbevarande och dokumentation över mycket långa tidsperioder.

Gruppen har haft en mycket bred ansats och har hittills sysslat med att: inventera hur arbetet med att bevara information framskridit i olika länder, ta fram en standardiserad ordlista för begrepp inom området, bygga upp en nätbaserad uppslagsbok (så kallad wiki), inventera och värdera olika slags märkning av slutförvar, inventera olika organisatoriska strukturer för kunskapsbevarande, behandla potentiella kulturminnesaspekter m.m. Stora insatser har gjorts av medlemmar i gruppen, och arbetet presenterades under december 2013 med konkreta förslag på vilka aspekter som är rimliga att föra vidare in i ett eventuellt steg 2 som i så fall beslutas av OECD. I september 2014 planeras också en större konferens i Verdun, Frankrike inom området.

Arbetet som har bedrivits är mycket ambitiöst och brett anlagt. Det innebär att det har potential att bidra till att lägga en grund i framtiden för en nationsövergripande standard för arbetet med att dokumentera och tillgängliggöra kunskap om kärnavfall på ett sådant sätt att den kan överföras mellan generationer. Det är av stort värde att svenska representanter även fortsättningsvis deltar i detta arbete, inte minst från SKB som inte hittills bedrivit fördjupade studier inom området.

6.6 Slutsatser för Sveriges del av de internationella projekten

Inom det samhällsvetenskapliga och humanistiska fältet finns alltså en omfattande europeisk forskningsverksamhet. Det kan jämföras med verksamheten i Sverige som i stort sett ligger nere sedan SKB:s samhällsvetenskapliga program avslutades 2011. När det gäller kärnavfallshantering finns egentligen endast två nationella projekt. Ett projekt vid Stockholms universitet, "Hågkomstens politik: Omstridda kulturarvsprocesser vid Ignalina och Barsebäcks kärnkraftverk", om hur minnen av nedlagda kärnkraftverk skapas och förändras över tid analyserat genom kulturarvsprocesser i Barsebäck i Skåne och Ignalina i Litauen, finansieras av Vetenskapsrådet. Till detta kommer ett SKB-finansierat projekt, "Ettthundratusen år fram och bakåt i tiden: Arkeologi möter Kärnbränsleförvaring" förlagt till Linnéuniversitetet och med syftet att undersöka hur arkeologiska kunskaper och erfarenheter kan göras användbara i ett framtidsperspektiv.

Att den svenska samhällsvetenskapliga och humanistiska forskningen i stort sett har lämnats för fåfot är särskilt olyckligt med tanke på SKB:s tillståndsansökan och att projektet att bygga ett svenskt slutförvar för använt kärnbränsle sedan några år blivit allt mer konkret. Det innebär att de utmaningar som återstår för att realisera ett svenskt slutförvar idag är mer samhällsvetenskapliga och humanistiska än naturvetenskapliga och tekniska. Av den anledningen vore det önskvärt att svenska samhällsvetenskapliga och humanistiska forskare, som ofta lett den internationella utvecklingen, åter kunde engageras för att lösa vår tids utmaningar på området.

Angelägna forskningsinsatser är exempelvis att undersöka hur konstruktionen av nya reaktorer inverkar på kärnavfallsproblematiken, både i Sverige och utomlands. Vad kan utvecklingen av så kallad Generation IV-breederreaktorteknik kräva i termer av framtida kompetensutveckling inom kärnbränslehanteringsområdet, eventuella forskningsreaktorer, uppförandet av olika anläggningar för upparbetning och annan hantering av använt kärnbränsle? Vilka är icke-spridningsaspekterna och kostnaderna?

En annan fråga är internationaliseringen av SKB:s KBS-3-metod och hur de svenska, tyska och finska intressen är kopplade till hur företaget påverkar kärnavfallsfrågans hantering internationellt. Sedan 2007 har SKB också aktivt deltagit i en europeisk teknik-

plattform för att implementera geologiskt slutförvar (European Technology Platform for Implementing Geological Disposal (IGD-TP)), ett sammanhang som ytterligare förstärker samarbetet mellan olika europeiska organisationer med syfte att skapa geologiskt slutförvar. En angelägen fråga är att undersöka hur den internationella samverkan har påverkat utformningen av beslutsprocesser och av olika nationella geologiska slutförvar med tanke på att varje land har egna särskilda politiska institutioner lika väl som speciella geologiska förutsättningar.

Den samhällsvetenskapliga kärnavfallsforskningen aktualiserar vidare frågor om miljökonsekvensbeskrivningarnas utformning i olika länder. På vilket sätt kan lagstiftning och tillämpningar jämföras och med ledning av sådana jämförelser kritiskt analyseras och förbättras? I anslutning till detta aktualiseras också svensk forskning om olika aktörer på kärnavfallsområdet och deras ömsesidiga beroendeförhållanden.

Nutida vetenskapssociologi har uppmärksammat vetenskapens förändrade ställning i samhället och de starkare förväntningarna på forskningens inriktning, metoder och resultat (det senare mer problematiskt). Inte minst har vetenskapliga kontroverser inom ramen för kärnavfallshanteringen fått återverkningar på allmänhetens förtroende för möjligheterna att säkert förvara avfall. På 1980-talet uppmärksammades åsiktsskillnader om berggrundens beskaffenhet och lämplighet för slutförvar. Under senare år har kopparkorrosion debatterats flitigt. Kommunikationen av vetenskapliga resultat till en vidare allmänhet, allmänhetens tolkning av dessa resultat och forskarnas svar på dessa tolkningar är ett viktigt område för samhällsforskningen. Hur ser denna kommunikation ut, vad finns det för hinder för en framgångsrik kommunikation och hur kan dessa hinder övervinnas?

I samband med Kärnavfallsrådets behandling av SKB:s ansökan om slutförvar har behovet av samhällsvetenskaplig forskning framstått som särskilt angelägen.⁸ Det gäller framför allt ett närmare studium av hur resultaten av den vetenskapliga säkerhetsanalysen får ett avsett genomslag i projektledning och projektorganisation under slutförvarsprojektets genomförandeskede. Frågan är central i den svenska processen, men skulle också kunna bli föremål för internationell uppmärksamhet i t.ex. Platenso-projektet. Samhällsvetenskaplig kärnavfallsforskning framstår sammanfattningsvis

⁸ SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet, spec. s. 24–27.

som ett vitalt och betydelsefullt område på den europeiska arenan. Kärnavfallsrådet vill mot denna bakgrund framhäva vikten av att samhällsforskare och humanister i Sverige kan anknytas till pågående studier och framtida initiativ på detta område.

Referenser

- Bergmans, A., Elam, M., Simmons, P. och Sundqvist, G., *Monitoring the Safe Disposal of Radioactive Waste: a Combined Technical and Socio-Political Activity*. MoDeRn Deliverable D1.3.1, http://www.modern-fp7.eu/fileadmin/modern/docs/Deliverables/MoDeRn_D1.3.1_Basis_for_Stakeholder_info.pdf (hämtad 2014-02-05).
- Daoud, A. och Elam, M., *Identifying remaining socio-technical challenges at the national level: Sweden*. InSOTEC Working paper. http://curie.ornl.gov/system/files/documents/SEA/WP1_MS11_R_Sweden_Final.pdf. (hämtad 2014-02-05).
- European Commission. *Horizon 2020. The EU Framework Programme for Research and Innovation*. <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020> (hämtad 2014-02-05).
- InSOTEC Country Reports*. <http://www.insotec.eu/publications/file-cabinet> (hämtad 2014-02-05).
- Landström, C. och Bergmans, A., *Socio-Technical Challenges to Implementing Geological Disposal: a Synthesis of Findings from 14 Countries*. InSOTEC deliverable D1.2. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=aW5zb3RlYy5ldXxpbnNvdGVjfGd4OjMzZDVlYTQ3Y2Y5ZDFiNmY> (hämtad 2014-02-05).
- SOU 2013:11 *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2013: slutförvarsansökan under prövning: kompletteringskrav och framtidsalternativ*. Kärnavfallsrådet, s. 24–27.
- Söderberg, O. (2012), *SKB:s program för samhällsforskning 2004 – 2011 En utvärdering*. SKB P-12-14. Stockholm: SKB, s. 74.

7 Det kommunala vetot i samband med regeringens prövning av miljöfarlig verksamhet

7.1 Inledning

Regler om regeringens tillåtlighetsprövning av miljöfarliga verksamheter och kommunernas vetorätt i anslutning till det har sitt ursprung i den så kallade fysiska riksplanering som bedrevs huvudsakligen under 1970-talet. I detta kapitel redovisar vi de regler som genom åren har gällt för kommunernas vetorätt.

Genom bestämmelser om vetorätt har kommunerna givits möjligheter att utöva ett avgörande inflytande när det gäller att tillåta om miljöfarliga verksamheter ska få bedrivas inom kommunen. I några fall har det också förekommit att kommuner använt sin vetorätt.

Prövningspliktens omfattning och den kommunala vetorätten i anslutning till det har varierat genom åren. Kärntekniska anläggningar har dock alltid funnits med. När bestämmelserna infördes 1972 gällde den särskilda regeringsprövningen och den kommunala vetorätten i anslutning till det, bland annat "atomkraftanläggning" och "anläggning för upparbetning av atombränsle", verksamheter som vid den tidpunkten diskuterades särskilt i Sverige.

Utöver dessa regler har kommunerna genom sitt planmonopol ansvar för planeringen av markanvändningen inom kommunerna.

7.2 Fysisk riksplanering

Den fysiska riksplaneringen (FRP) pågick från slutet av 60-talet fram till 1987. Riksplaneringen omfattade inventering, dokumentation, remittering och beslut kring Sveriges geografiska natur-

resurser och befintlig mark- och vattenanvändning. Planeringen upphörde 1987 då naturresurslagen trädde i kraft.¹ Några fysiska riksplaner gjordes inte upp utan riksdagen beslutade om geografiska riktlinjer för hushållningen med mark och vatten som berörde de outbyggda älvarna, kust- och skärgårdsområdena, jordbruksmarken och rennärigen etc.² Särskilda riktlinjer gällde för de obrutna fjällområdena.³

Avsikten var att resultatet av inventeringsarbetet och efterföljande analys och beslut skulle komma till uttryck i den kommunala planeringen. Två större betänkanden publicerades under arbetets gång: *Hushållning med mark och vatten* (SOU 1971:75) och *Hushållning med mark och vatten 2*, del 1 och 2, (SOU 1979:54 och 1979:55).

7.3 Bestämmelser om särskild lokaliseringsprövning och kommunalt veto i 136 a § byggnadslagen

I anslutning till arbetet med riksplaneringen kompletterades dåvarande byggnadslagen.⁴ Nya regler infördes – 136 a § – med bestämmelser om regleringsprövning av sådan industriell eller liknande verksamhet som omfattades av riktlinjerna för den fysiska riksplaneringen.⁵ Syftet var att tillgodose hushållningen med mark- och vattenområden av stor betydelse från nationell synpunkt.

Avsikten var, att utifrån riktlinjerna i den fysiska riksplaneringen, få till stånd en tidig, allsidig och enhetlig prövning av lokaliseringen av sådana industriella verksamheter, som tar i anspråk eller förändrar karaktären hos naturresurser som det råder särskild knapphet på och som är eller kan väntas bli föremål för konkurrerande anspråk.

Att prövningen lades på regeringen motiverades främst med att ingen annan än regeringen kunde åstadkomma en allsidig prövning med sammanvägning av bl. a. miljöskyddsmässiga, arbetsmarknadspolitiska och regionalpolitiska synpunkter. Framför allt ansågs det viktigt att avgörandet träffades av ett organ som det var möjligt att utkräva politiskt ansvar av. Regeringsprövningen omfattade industri-

¹ Lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m.

² Prop. 1972:111.

³ Prop. 1977/78:31.

⁴ Byggnadslagen (1947:385).

⁵ Prop. 1972:111 bil. 2.

ella eller liknande verksamheter som är av väsentlig betydelse för hushållningen med landets samlade mark- och vattentillgångar.

Visserligen fanns bestämmelser i miljöskyddslagen om miljöfarlig verksamhet till skydd mot vattenförorening, luftförorening, buller och andra störningar som uppkommer genom användning av mark, byggnader eller anläggningar. Koncessionsnämnden för miljöskydd prövade frågor om tillstånd för verksamheten.⁶ Prövningen gällde om verksamheten kunde medföra att ett stort antal människor kunde få sina levnadsförhållanden väsentligt försämrade eller att betydande förlust kunde uppkomma ur naturvårdssynpunkt eller att liknande allmänt intresse kunde skadas avsevärt.⁷ Regeringen (Kungl. Maj:t) kunde dock lämna tillstånd till verksamheten, om den var "av synnerlig betydelse för näringslivet eller för orten eller eljest från allmän synpunkt".

Beslut enligt miljöskyddslagen gav emellertid endast begränsade möjligheter när det gällde lokalisering av miljöfarlig verksamhet. Mot den bakgrunden diskuterades möjligheterna att komplettera den fysiska riksplaneringen med medel för att i det enskilda fallet styra lokaliseringen av starkt miljöpåverkande industrier. Den lösning som valdes var att i byggnadslagen införa regler om en "särskild lokaliseringsprövning hos regeringen i fråga om starkt miljöpåverkande industri, en prövning som blir bindande i lokaliseringsfrågan vid den fysiska detaljplaneringen och vid tillämpningen av miljöskyddslagen".⁸

Den nya bestämmelsen i byggnadslagen innebar att "tillkomsten och lokaliseringen av sådan industriell verksamhet eller liknande verksamhet som är av väsentlig betydelse för hushållningen med energi, med träfiberråvara eller med landets samlade mark- och vattentillgångar" skulle prövas av regeringen. Verksamheterna angavs i en tio punkter lång lista som omfattade järn- och stålverk, större sågverk, raffinaderier, cementfabriker m.fl. Bland de angivna verksamheterna fanns två slag av kärntekniska anläggningar nämligen "atomkraftanläggning" och "anläggning för upparbetning av atombränsle".

Det var i detta sammanhang som regler om kommunalt veto mot ett regeringsbeslut infördes i lagstiftningen. Tillstånd fick meddelas av regeringen endast om kommunen tillstyrkt detta. I för-

⁶ Se 9 § miljöskyddslagen (1969: 387).

⁷ Se 6 § andra stycket första punkten miljöskyddslagen (1969: 387).

⁸ SOU 1971:75 *Hushållning med mark och vatten: inventeringar, planöversväganden om vissa naturresurser, former för fortlöpande fysisk riksplanering, lagstiftning*, s. 478 ff.

arbetena angavs att ”med hänsyn till den ingripande påverkan på bygden som miljöfarlig verksamhet av den omfattning det här är fråga om kan medföra, bör tillstånd till lokalisering i princip inte ges utan att den kommun till vilken verksamheten skall förläggas har tillstyrkt det”.

Den kommunala vetorätten enligt 136 a § byggnadslagen har tillämpats i fyra fall av större industrilokaliseringar. Bestämmelserna om det kommunala vetot torde emellertid ha påverkat förutsättningarna också för åtskilliga andra lokaliseringsval. När företag vid sina kontakter med berörda kommuner fått klarhet i deras inställning har det som regel varit möjligt att inrikta förprojekteringen till platser som kommunerna kunnat godta.⁹

Vetorätten har använts i bl.a. följande fall:

- Nynäshamns kommun motsatte sig bifall till en ansökan av statens vattenfallsverk om att få nyanlägga en fossileldad kraftstation i Norvik-området (beslut av regeringen den 12 juni 1975).
- Västerviks kommun avstyrkte bifall till en ansökan av statens vattenfallsverk om att få nyanlägga en gasturbinstation på ön Lusärna (beslut av regeringen den 2 december 1976).
- Varbergs kommun avstyrkte bifall till en ansökan av Svensk Petroleum-lagring Tre AB om att få uppföra en anläggning för beredskapslagring i Varberg (beslut av regeringen den 22 december 1977).
- Falköpings och Skövde kommuner avstyrkte bifall till en ansökan av Loussavaara-Kirunavaara AB om tillstånd till viss forskning och produktionsverksamhet med brytning av högst 1,1 miljoner ton alunskiffer per år vid Ranstad (beslut av regeringen den 19 januari 1978).

⁹ Prop. 1989/90:126.

7.4 Det kommunala inflytandet enligt naturresurslagen

Byggnadslagen från 1947 ersattas av en ny plan- och bygglag¹⁰ som trädde i kraft den 1 januari 1990 i vissa delar och i sin helhet den 1 april 1990.¹¹ I anslutning därtill antogs lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m. (naturresurslagen). Bestämmelser om regeringsprövning av viss miljöfarlig verksamhet fördes över från 136 a § byggnadslagen till den nya naturresurslagen. Regler om vilka sektorsintressen/värden respektive vilka geografiska områden som skulle beaktas preciserades.¹² I lagen infördes regler om regeringens tillåtlighetsprövning av industrianläggningar med flera anläggningar.¹³

I propositionen poängterades vikten av att kommunerna garanteras ett starkt inflytande över den lokala miljön. Att öka kommunernas inflytande framhölls i propositionen som ett av de väsentligaste syftena med förslaget till ny plan- och bygglag. Det kommunala inflytandet borde därför, enligt propositionen, vara betydande också beträffande sådana industrietableringar som kan komma att prövas av regeringen enligt naturresurslagen. I princip borde tillstånd till en sådan anläggning inte få lämnas om inte den kommun till vilken anläggningen avses bli lokaliserad tillstyrkt detta.

I propositionen diskuterades också frågan om det kunde finnas skäl att göra inskränkningar i den kommunala vetorätten beträffande vissa anläggningar eller verksamheter av nationell betydelse. Men någon sådan möjlighet infördes inte i lagen mot bakgrund av den negativa remissopinionen mot en sådan ordning.

7.5 Vetoventilen införs

I samband med en översyn av naturresurslagen några år efter det att lagen trädde i kraft togs frågan om inskränkningar i den kommunala vetorätten upp på nytt. Ändringarna i samband med översynen innebar att lagen utvidgades till att omfatta även större anlägg-

¹⁰ Plan- och bygglagen (1987:10).

¹¹ Prop. 1985/86:1 förslag till ny Plan- och bygglag.

¹² Prop. 1985/86:3.

¹³ Jfr 4 kap. lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m. (naturresurslagen).

ningar med uppgift att slutligt omhänderta miljöfarligt avfall samt till vissa anläggningar med anknytning till energiförsörjningen.

Liksom tidigare betonades den kommunala vetorätten och sades utgöra ett uttryck för den starka ställning den kommunala självstyrelsen ska ha i vår demokrati. Det framhölls vara självklart att kommunerna skulle ha ett mycket starkt inflytande över tillkomsten av större industrianläggningar även om dessa var av stor betydelse för hela landet. Tillstånd till en etablering skulle därför som huvudregel inte få lämnas, om inte kommunfullmäktige hade tillstyrkt detta.

Den kommunala vetorätten behölls alltså som huvudregel. Men en möjlighet för regeringen att lämna tillstånd även om kommunfullmäktige inte har tillstyrkt detta, infördes i lagen vilket kom att benämnas vetoventilen. Möjligheten att bryta det kommunala vetot skulle kunna göras om det från nationell synpunkt var synnerligen angeläget att en viss anläggning eller en viss verksamhet kom till stånd. Kravet på att det skulle vara synnerligen angeläget att anläggningen i fråga lokaliserades inom landet gav ett uttryck för den restriktivitet som skulle gälla vid bedömningen av om en verksamhet skulle kunna undantas från den kommunala vetorätten.

Undantag från vetorätten skulle kunna göras beträffande:

- mellanlagring eller slutlig förvaring av kärnämne eller kärnavfall
- stora förbränningsanläggningar
- stora vindkraftsanläggningar
- stora anläggningar för slutligt omhändertagande av miljöfarligt avfall
- stora anläggningar för lagring av naturgas

Möjligheterna för regeringen att lämna tillstånd till en anläggning trots att kommunfullmäktige inte tillstyrkt detta gällde dock inte om en annan plats för anläggningen anvisats inom en annan kommun som kan antas godta en placering där, eller, i annat fall, om en annan plats bedömts vara lämpligare.¹⁴ Propositionen underströk att en kommun inte bör kunna tvingas på en anläggning, om en annan kommun godtar denna på en plats som i och för sig är lämplig, även om en placering inom den förstnämnda kommunen skulle vara lämpligare. Först när det inte finns någon frivillig kommun

¹⁴ Jfr 4 kap. 3 § lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m. (naturresurslagen).

med en lämplig etableringsplats, skulle det kunna komma i fråga att bryta ett kommunalt veto.¹⁵

Om det inte finns någon frivillig kommun som kan anvisa lämplig plats får enligt bestämmelsen undantag ändå inte göras från vetorätten om en annan plats bedöms vara lämpligare än den som undantaget avser. I ett sådant fall kan en ansökan inte bifallas utan i stället får förutsättningarna prövas för att ge ett tillstånd till den andra, lämpligare platsen. I sammanhanget måste givetvis sökandens möjligheter att bedriva verksamheten på en annan plats än den som avses med ansökan tillmätas stor betydelse.

I propositionen anges följande beträffande regeringens prövning:

Det åligger regeringen som tillståndsmyndighet att vid ett beslut noggrant bevaka att en verksamhet förläggs till den för ändamålet lämpligaste platsen. I detta ligger också att regeringen av sökanden kan kräva ett tillfredsställande utredningsunderlag, se avsnitt 2.6.

Samtidigt måste regeringen i ett beslut kunna redovisa konkreta och påtagliga skäl för att en annan plats kan bedömas vara lämpligare än den som avses med en ansökan. Med tanke på ärendenas beskaffenhet finns det anledning att utgå från att regeringen i ett ärende får riklig tillgång till uppgifter om eventuellt lämpliga alternativa lokaliseringar.

Frågan om att förlägga en verksamhet till en alternativ plats kommer i sin tur att behandlas som ett särskilt tillståndsärende. Därvid kan fråga om tillämpning av vetoreglerna aktualiseras även i fråga om den kommun som inrymmer den alternativa lokaliseringsplatsen.¹⁶

7.6 Bestämmelserna enligt miljöbalken

Naturresurslagen upphörde att gälla när miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999. Bestämmelserna om regeringens tillåtlighetsprövning av viss miljöfarlig verksamhet och om det kommunala vetot fördes då in i miljöbalken. I balkens 3:e kapitel, finns de grundläggande bestämmelserna för hushållning med mark- och vattenområden och i 4:e kapitlet de särskilda bestämmelserna för hushållning med mark och vatten för vissa områden i landet. Bestämmelserna om regeringens tillåtlighetsprövning och om kommunalt veto återfinns i miljöbalkens 17:e kapitel.

¹⁵ Prop. 1989/90:126, s. 25.

¹⁶ Prop. 1989/90:126, s. 26.

7.6.1 Regeringens obligatoriska tillåtlighetsprövning

Vissa verksamheter i Sverige får inte påbörjas utan att tillåtligheten först prövas av regeringen. För några verksamheter gäller detta obligatoriskt. De räknas upp i 17 kap. 1 § och är:

- anläggningar för kärnteknisk verksamhet som prövas av regeringen¹⁷ samt anläggningar för att bryta uranhaltigt material eller andra ämnen som kan användas för framställning av kärnbränsle
- allmänna farleder
- geologisk lagring av koldioxid, om verksamheten inte avser lagring för forskningsändamål av mindre än 100 000 ton koldioxid

Det anges uttryckligen i paragrafen att det ska vara fråga om nya verksamheter som obligatoriskt ska prövas av regeringen. Även om uppräknningen anger att det är anläggningen som ska prövas så följer det av paragrafens inledning att prövningen även ska avse verksamheten som sådan.

Regeringens tillåtlighetsprövning av dessa verksamheter är alltså obligatorisk. Men om det finns särskilda skäl, får regeringen i ett visst fall avstå från tillåtlighetsprövningen. Det kan gälla verksamheter som är av mindre omfattning eller av mindre ingripande beskaffenhet eller om det annars framstår som onödigt med en tillåtlighetsprövning.^{18,19,20}

Bland de verksamheter som räknas upp i paragrafen finns angivet ”anläggningar för kärnteknisk verksamhet som prövas av regeringen enligt kärntekniklagen”. Således tillhör nya kärnkraftsreaktorer, den aktuella inkapslingsanläggningen och slutförvaret för använt kärnbränsle de anläggningar som obligatoriskt ska tillåtlighetsprövas av regeringen. Men man kan dock tillåta en ny kärnkraftsreaktor endast under förutsättning att den nya reaktorn är avsedd att ersätta en äldre befintlig reaktor och om reaktorn ska lokaliseras till en plats där en kärnkraftsreaktor efter den 31 maj 2005 har varit i drift för att utvinna kärnenergi.²¹

¹⁷ Anläggningar för kärnteknisk verksamhet prövas av regeringen enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

¹⁸ Jfr 17 kap. 2 § miljöbalken.

¹⁹ Prop. 1985/86:3 s. 134 f. och 193.

²⁰ Prop. 1997/98:45 II s. 217 f.

²¹ Jfr 17 kap. 6 a § miljöbalken.

7.6.2 Tillåtlighetsprövning efter förbehåll

Regeringen får utöver den obligatoriska tillåtlighetsprövningen enligt kapitlets 3 §, för ett visst fall, förbehålla sig rätten att pröva tillåtligheten av en verksamhet som inte omfattas av kravet på obligatorisk prövning men som kan antas få betydande omfattning eller bli av ingripande slag eller berör vissa skyddsområden m.m.²²

På kommunfullmäktiges begäran ska regeringen förbehålla sig tillåtlighetsprövningen av en ny verksamhet av något av följande slag, om ett sådant förbehåll är möjligt enligt 3 § och det inte finns särskilda skäl för att avstå från prövningen:

1. järn-, stål- och andra metallverk samt ferrolegeringsverk,
2. massafabriker och pappersbruk,
3. fabriker för raffinering av råolja eller för tung petrokemisk produktion,
4. fabriker för framställning av baskemikalier eller gödselmedel,
5. cementfabriker,
6. förbränningsanläggningar som har en tillförd effekt om minst 200 megawatt,
7. anläggningar för vindkraft som är tillståndspliktiga enligt föreskrifter som regeringen har meddelat med stöd av 9 kap. 6 §,
8. anläggningar för lagring av minst 50 miljoner normalkubikmeter naturgas,
9. anläggningar för behandling av farligt avfall där huvuddelen av det avfall som avses bli behandlat kommer från andra inrättningar och där mer än 10 000 ton farligt avfall årligen förbränns eller på annat sätt återvinns eller bortskaffas,
10. anläggningar för att utvinna ämnen eller material inom de områden som anges i 4 kap. 5 §,
11. byggande av plattformar som är avsedda att användas vid utvinning av olja eller gas inom havsområden samt annan än helt tillfällig ankring eller förtöjning av sådana plattformar för reparation, ombyggnad eller av någon annan anledning,

²² Jfr 17 kap. 3 § miljöbalken.

12. vattenkraftverk som är avsedda för en installerad generator-effekt av minst 20 megawatt,
13. vattenregleringar varigenom ett vattenmagasin av minst 100 miljoner kubikmeter under året eller tio miljoner kubikmeter under veckan ska utnyttjas,
14. vattenöverledningar eller andra vattenbortledningar från vatten-drag eller sjöar med en normal oreglerad lågvattenföring av minst tio kubikmeter i sekunden i bortledningspunkten eller utloppet, om därigenom en sådan mängd vatten tas i anspråk att vattenföringen understiger fyra femtedelar av den normala oreglerade lågvattenföringen,
15. grundvattentäkter för tillgodogörande av en större vatten-mängd än 10 000 kubikmeter om dygnet, om inte minst nio tiondelar av det uttagna vattnet återförs till grundvatten-magasinet,
16. andra vattenregleringar, vattenöverledningar och vattenbortled-ningar än som har angetts förut, om verksamheten avser någon av sjöarna Vänern, Vättern, Mälaren, Hjälmaren, Storsjön i Jämtland eller Siljan och företaget kan antas få betydande om-fattning eller bli av ingripande slag och
17. flygplatser med en banlängd av minst 2 100 meter.

7.6.3 Prövningsplikten gäller viktiga samhällsintressen

Gemensamt för verksamheter som omfattas av regeringens pröv-ningsplikt är att de utgör viktiga samhällsintressen som bör lösas utifrån ett nationellt perspektiv samtidigt som de riskerar att skada människors hälsa, medför stor omgivningspåverkan eller stora ingrepp i miljön och tar i anspråk värdefulla naturresurser.²³

Konkurrerande eller motstridiga intressen måste vägas samman för att den bästa lösningen ska kunna nås. Ofta kan enskilda intressen ställas mot allmänna intressen eller olika allmänna intressen mot varandra. Prövningen måste utformas så att en så allsidig samman-vägning som möjligt av olika hänsyn kan åstadkommas.²⁴

De bedömningar som ska göras omfattar ytterst politiska ställ-ningstaganden där det framstår som naturligt att regeringen har det

²³ Prop. 1997/98:45 s. 215.

²⁴ Prop. 1997/98:45 s. 437.

avgörande inflytandet huruvida verksamheten ska få komma till stånd eller inte.²⁵ Tillåtlighetsprövningen ger regeringen ett långtgående utrymme när det gäller att styra verksamheten i den riktning som är önskvärd från närings-, energi-, arbetsmarknads-, klimat- och regionalpolitiska utgångspunkter.

7.6.4 Särskilda villkor för verksamheten

Om regeringen finner att en verksamhet är tillåtlig får regeringen besluta om särskilda villkor för att tillgodose allmänna intressen. Avser verksamheten geologisk lagring av koldioxid, får regeringen även besluta om villkor som behövs med hänsyn till synpunkter som Europeiska kommissionen har lämnat i samband med tillåtlighetsprövningen.²⁶

7.6.5 Utöver tillåtlighetsprövningen krävs tillstånd

En verksamhet får inte bedrivas utan tillstånd enligt miljöbalken. Det är mark- och miljödomstolen som prövar en ansökan om tillstånd för verksamheten. Men innan en ansökan om tillstånd prövas av domstolen så ska tillåtligheten alltså först prövas av regeringen. Regeringens tillåtlighetsprövning utgör en naturlig del av prövningskedjan enligt miljöbalken.

Regeringens beslut i tillåtlighetsfrågan är bindande för mark- och miljödomstolen. Domstolen kan alltså inte avslå en ansökan om tillstånd till en verksamhet som regeringen vid prövning enligt 17 kap. funnit tillåtlig. Den kan heller inte bifalla en ansökan om tillstånd som regeringen vid prövning enligt 17 kap. funnit den otillåten.

Skulle emellertid domstolen finna att regeringen gjort något formellt fel vid handläggningen kan domstolen inte anses vara skyldig att utfärda ett tillstånd.²⁷

²⁵ Rubenson, S. (2008) *Miljöbalken: den nya miljörätten*, del 3, s. 145.

²⁶ Jfr 17 kap. 7 § miljöbalken.

²⁷ Bjällås, U. och Persson, I. (2011), *Tillståndsprövningen enligt miljöbalken och kärntekniklagen*. Rapport 2011:2, s 30.

7.6.6 Högsta förvaltningsdomstolen kan rättspröva regeringsbeslut

Regeringens beslut om tillåtlighet omfattas av lagen (2006:304) om rättsprövning av vissa regeringsbeslut. Det är Högsta förvaltningsdomstolen som efter ansökan om rättsprövning prövar om regeringens avgörande strider mot någon rättsregel.

Mark- och miljödomstolens prövning är oberoende av den prövning som kan komma att ske i Högsta förvaltningsdomstolen och miljödomstolen behöver i och för sig inte avvakta ett ställningstagande från Högsta förvaltningsdomstolen innan den själv tar ställning i tillståndsfrågan.

Det betyder att prövningarna kan komma att ske samtidigt. Båda instanserna kan pröva formella invändningar beträffande hanteringen av ärendet i regeringen. Skulle Högsta förvaltningsdomstolen finna att regeringens avgörande strider mot någon rättsregel innan mark- och miljödomstolen har tagit ställning lär domstolen vara bunden av detta beslut och kan därför inte utfärda tillstånd.

7.6.7 Det kommunala vetot och vetoventilen

Reglerna om kommunalt veto enligt de tidigare bestämmelserna i 136 a § byggnadslagen och naturresurslagen har införts i miljöbalken utan några egentliga ändringar.

Regeringen får som huvudregel tillåta miljöfarlig verksamhet endast om kommunfullmäktige i den kommun som anläggningen ska lokaliseras till har tillstyrkt detta och om de avser annat än vattenverksamhet eller trafikanläggningar.²⁸

Det kommunala vetot har liksom enligt tidigare försetts med en så kallad ventil. Regeringen får tillåta verksamheten utan kommunfullmäktiges tillstyrkan om det från nationell synpunkt är synnerligen angeläget att verksamheterna kommer till stånd. Det gäller i dessa fall dels anläggningar för mellanlagring eller slutlig förvaring av kärnämne eller kärnavfall, dels större förbränningsanläggningar, vindkraftsanläggningar, anläggningar för lagring av naturgas och anläggningar för behandling av farligt avfall.²⁹

Nya anläggningar som utgör delar av slutlig förvaring av kärnämne eller kärnavfall är aktuella att uppföras i Oskarshamns kom-

²⁸ Jfr 17 kap. 6 § miljöbalken.

²⁹ Ibid.

mun och i Östhammars kommun. Kommunfullmäktige i dessa kommuner har alltså en formell möjlighet att lägga in sitt veto mot regeringens tillåtlighetsprövning.

7.7 Förutsättningar för regeringen att bortse från ett kommunalt veto

För att regeringen ska få tillåta en verksamhet utan att kommunen har lämnat sin tillstyrkan, krävs det att ingen annan lämpligare plats för verksamheten står att finna. Härmed avses inte bara platsens lämplighet från tekniska och ekonomiska utgångspunkter. Hänsyn måste också tas till den inställning som har redovisats av de kommuner som kan komma i fråga. En plats inom en kommun som tillstyrker lokaliseringen kan sålunda vara lämpligare än en plats inom en kommun som motsätter sig en etablering, även om en lokalisering till den senare kommunen skulle medföra mindre ingrepp i miljön, lägre kostnader etc. I motiven framhålls sammanfattningsvis att möjligheten för regeringen att lämna tillstånd mot kommunens vilja måste användas ytterst restriktivt.³⁰

Om en kommun inte genomför den detaljplaneläggning som behövs för att regeringens beslut ska kunna genomföras har regeringen möjlighet att förelägga kommunen att inom en viss tid anta, ändra eller upphäva en detaljplan eller områdesbestämmelser, om det behövs för att tillgodose ett riksintresse.³¹ Om kommunen mot förmodan inte rättar sig efter ett beslut om planföreläggande, måste möjlighet finnas att på annat sätt anta, ändra eller upphäva en plan som motverkar ett angeläget övergripande intresse. Som en sista utväg har därför regeringen möjlighet att upprätta och anta den nödvändiga planen.³²

7.8 Slutsatser

Genom den kommunala vetorätten har kommunerna i Sverige getts ett mycket starkt inflytande över tillkomsten av större industri- anläggningar även om dessa är av stor betydelse för hela landet. Lagregler som ger kommunfullmäktige i en kommun möjligheter

³⁰ Prop. 1997/98:45 II s. 221.

³¹ Jfr 11 kap. 15 § Plan- och bygglagen (2010:900).

³² Jfr 11 kap. 16 § Plan- och bygglagen (2010:900).

att besluta om veto mot ett regeringsbeslut kan ses som ett uttryck för den starka ställning den kommunala självstyrelsen har i vår demokrati. Även om vetorätten försätts med en ventil, som innebär att regeringen får tillåta verksamheten utan kommunfullmäktiges tillstyrkan om det från nationell synpunkt är synnerligen angeläget att verksamheterna kommer till stånd, får regeringen inte utan vidare fatta beslut mot kommunfullmäktiges vilja. Regeringen måste först visa att det inte går att finna en annan lämpligare plats för verksamheten.

I regeringsformens portalparagraf (1 kap 1 §) stadgas att den svenska folkstyrelsen förverkligas genom ett representativt och parlamentariskt statsskick och genom kommunal självstyrelse. Den kommunala självstyrelsen har alltså ansetts så viktig att den vid sidan av parlamentarismen angivits som ett instrument för att förverkliga folkstyrelsen. Den kommunala självstyrelsens centrala ställning i Sverige och dess viktiga del i det demokratiska systemet markeras också genom att kommunerna fått ett eget kapitel genom den senaste ändringen av regeringsformen.³³ I första hand kan dock den kommunala vetorätten hänföras till det så kallade kommunala planmonopolet. Planmonopolet, som innebär att kommunen bestämmer hur mark ska användas och bebyggas inom kommunen, har ansetts vara en av de viktigaste förutsättningarna för den kommunala självstyrelsen i Sverige. Besluten fattas nära de berörda människorna och samhällsinsatserna kan utformas med hänsyn till skiftande lokala förhållanden.³⁴

Referenser

- Bjällås, U. och Persson, I. (2011), *Tillståndsprövningen enligt miljöbalken och kärntekniklagen*. Rapport 2011:2. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- Kärnavfallsrådet (2009), *Mechanisms of Copper Corrosion in Aqueous Environments: A report from the Swedish 's scientific workshop on November 16, 2009*. Report 2009:4. Kärnavfallsrådet. Stockholm: Fritzes.
- Rubenson, S. (2008), *Miljöbalken: den nya miljörätten* (2008). Norstedts Juridik AB.

³³ Jfr 14 kap. lagen (2010:1408) om ändring i regeringsformen.

³⁴ Jfr Plan- och bygglagen (2010:900).

SOU 1971:75 *Hushållning med mark och vatten: inventeringar, planöverväganden om vissa naturresurser, former för fortlöpande fysisk riksplanering, lagstiftning*. Civildepartementet. Stockholm 1971.

Regeringens propositioner:

Proposition 1972:111 angående regional utveckling och hushållning med mark och vatten.

Proposition 1977/78:31 om riktlinjer i den fysiska riksplaneringen för vissa s.k. obrutna fjällområden.

Proposition 1985/86:1 med förslag till ny plan- och bygglag.

Proposition 1985/86:3 med förslag till lag om hushållning med naturresurser m.m.

Proposition 1989/90:126 om ändring i lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m.

Proposition 1997/98:45 Miljöbalk.

Lagar Svensk författningssamling

Byggnadslagen (1947:385), Bostadsdepartementet.

Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet, Miljödepartementet

Lag (1987:12) om hushållning med naturresurser m.m. (naturresurslagen), Miljödepartementet.

Lag (1987:444) om försöksverksamhet med kommunal tillståndsprövning enligt miljöskyddslagen (1969:387), Miljö- och energidepartementet.

Lag (2010:1408) om ändring i regeringsformen SFS 2010:1408 Lag om ändring i regeringsformen.

Miljöbalken (1998:808), Miljödepartementet.

Miljöskyddslagen (1969: 387), Miljödepartementet.

Plan- och bygglag (1987:10), Socialdepartementet.

Plan- och bygglag (2010:900), Socialdepartementet.

8 Finansiering av kärnkraftens restprodukter

8.1 Inledning

Radioaktiva restprodukter i form av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall från kärnteknisk verksamhet uppkommer i Sverige huvudsakligen vid framställning av energi i kärnkraftsreaktorer. Radioaktivt avfall uppkommer även vid rivning av kärnkraftverken samt i samband med drift och rivning av andra kärntekniska anläggningar.

Restprodukterna kommer att slutligt hanteras och slutförvaras långt efter det att den kärntekniska verksamheten upphört att vara i drift för sitt ändamål och långt efter det att verksamheten slutat att generera intäkter. För att, trots detta, kunna finansiera de framtida kostnaderna för denna hantering och slutförvaring omfattas kärnteknisk verksamhet av den så kallade finansieringslagen.¹ Den gäller hantering och slutförvaring av:

- använt kärnbränsle
- annat kärnämne som inte ska användas på nytt
- kärnavfall som inte utgör driftavfall

Avfall som uppstår i samband med rivningen av en kärnteknisk anläggning omfattas av finansieringslagstiftningen. Så kallat driftavfall omfattas inte av finansieringslagstiftningen. Det är låg- och medelaktivt kärnavfall som kommer att hanteras och slutförvaras under den tid som den kärntekniska anläggningen är i kontinuerlig drift för sitt ändamål. Det finns alltså inte något behov av att av-

¹ Lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet.

sätta resurser för framtida kostnader för hanteringen av driftavfallet.

Kärntekniklagstiftningen utgör ett robust och förutsägbart system för att finansiera de framtida kostnaderna för hantering och slutförvaring av de radioaktiva restprodukterna. En grundläggande utgångspunkt för finansieringssystemet är att kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall ska täckas av dem som genererat avfallet – *polluter pays principle*. För kärnkraftens restprodukter innebär det att pengarna kommer från intäkterna för energiproduktionen. Den finansiella utmaningen är att säkerställa att inga orimliga ekonomiska bördor läggs på kommande generationer.

I det svenska kärnavfallsprogrammet kan man särskilja tre element, som tillsammans ska garantera att resurser finns tillgängliga i rätt mängd vid rätt tid:

- Legitim finansiering, som ska garantera att resurserna finns tillgängliga när de behövs, vilket innebär att finansieringssystemet ska hantera alla osäkerheter, både de som finns i kostnadsberäkningarna och internt i finansieringssystemet
- Effektiva kostnadsberäkningar, som ska beskriva kostnaderna för hela programmet inklusive osäkerheterna i beräkningarna samt dokumentera en metodik för hur kostnadsberäkningarna och uppskattningen av osäkerheterna gått till
- Autentisk organisation, som ska hantera och kontrollera kostnadsberäkningar och finansiering

Detta kapitel fokuserar på det första av de tre elementen, dvs. systemet för legitim finansiering av rivning och avfallshantering. En diskussion om grunderna och utformningen av finansieringen aktualiseras av den översyn av systemet som Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) genomfört på regeringens uppdrag. SSM lämnade en rapport om detta arbete den 4 juni 2013.

Trovärdig kostnadsanalys är en förutsättning för legitimiteten i finansieringen och Kärnavfallsrådet tar här översiktligt upp osäkerheten i dessa beräkningar. Kraven är stora dels på metodiken för att hantera dessa osäkerheter, dels på identifiering av faktorer som kan skapa osäkerhet. SKB lämnade nya kostnadsuppskattningar i januari 2014, som ska ligga till grund för avgift och kompletteringsbelopp

under de följande tre åren. Kärnavfallsrådet menar att genomlysning av kostnadsberäkningarna är en viktig framtida uppgift.

Kapitlet avslutas med en diskussion av diskonteringsräntan, vilken är en mycket viktig faktor i hanteringen av de stora tidsskillnaderna mellan strömmen av pengar till och från Kärnavfallsfonden.

8.2 Utgångspunkterna för den finansiella regleringen

8.2.1 Den som genererat avfallet ska bära allt ansvar och alla kostnader

Diskussionerna om hur kärnkraftens avfall bäst ska tas om hand och hur det ska finansieras har diskuterats sedan början av 1970-talet. Förutsättningarna har dock varierat genom åren. Som exempel kan nämnas att den svenska inriktningen under 1960-talet och 1970-talet var att det använda kärnbränslet skulle upparbetas. Sedan 1982 är den svenska politiken inriktad på direkt slutförvaring av bränslet utan upparbetning.

Vissa grundläggande principer har dock hela tiden varit bärande. Diskussionerna har gett vid handen att principen om ett renodlat producentansvar, är den mest ändamålsenliga. Principen att det är den som genererat avfallet som också ska bära allt ansvar och alla kostnader som är förenade med det är, enligt vad regeringen och riksdagen uttalat, utomordentligt viktig. Reaktorinnehavarna ska, enligt dessa uttalanden, inte ges möjlighet att skjuta ifrån sig detta ansvar på staten eller någon annan.² Detta är också grundläggande för uppbyggnaden av lagstiftningen.

Den centrala utgångspunkten i finansieringsansvaret är alltså att kärnkraftsproduktionen ska bära kostnaderna för avfallshanteringen. Så ska ske genom att ett betalningsansvar läggs på de företag som producerar kärnkraft. En annan viktig utgångspunkt är att projektet är ett reellt åtagande som måste fullföljas. Det är en hantering som det ur samhällets perspektiv inte går att välja bort.

Kärnavfallsprojektet har också andra speciella egenskaper som skiljer det från andra anläggnings- och industriprojekt, exempelvis den långa projekttiden. Tidsintervallet mellan när elproduktionen från kärnkraftreaktorerna beräknas upphöra på grund av att dessa tagits ur drift, och därmed också reaktorinnehavarnas möjligheter

² Prop. 1997/98:145, s. 381.

att bidra med finansieringen av de framtida kostnaderna, samt kraftindustrins planerade slutförvar slutligt förslutits är enligt industrins nuvarande planeringsscenario långt. En annan aspekt är förskjutningen i tid mellan när inbetalningarna sker och när utbetalningarna förläggs.

Enligt kraftindustrins nuvarande handlingsplan ska reaktorerna i Forsmark och Oskarshamn drivas i 60 år, liksom reaktorerna Ringhals 3 och 4. Drifttiden för Ringhals 1 och 2 planeras till 50 år. Dessa tider är viktiga utgångspunkter för planeringen om alla reaktorerna har tagits ur drift 2045 och avvecklats omkring 2052, så kommer SKB:s tre slutförvar (Kärnbränsleförvaret, SFR och SFL) att kunna vara förslutna cirka 2075.³ Stora kostnader som rör arbetet med att avveckla och riva reaktorerna och att uppföra och driva slutförvaren kan alltså komma efter reaktorinnehavarnas möjligheter att bidra med finansieringen.

Mot denna bakgrund är det möjligt att de kraftföretag som enligt nuvarande lagregler är betalningsansvariga (reaktorinnehavarna) kan vara nedlagda innan arbetet med att ta om hand det använda kärnbränslet och kärnavfallet slutförts i alla delar. När elproduktionen från reaktorerna upphör, och därmed försäljningen av el, har dessa företag därför i princip inte längre något positivt värde.^{4,5}

8.2.2 Statens sistahandsansvar

Den 19 juli 2011 beslutade Europeiska rådet att inrätta ett gemenskapsramverk för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall – avfallsdirektivet – vilket trädde i kraft den 22 augusti 2011.⁶ Direktivet utgår från ett antal allmänna principer som ska gälla för hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, bland annat att alla medlemsstater ska se till att orimliga bördor inte överläts på kommande generationer och att medlemsstaterna därför säkerställer att tillräcklig finansiering finns

³ SKB (2013), *Fud-program 2013 Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall*, s. 6.

⁴ SOU 2004:125 *Betalningsansvaret för kärnavfallet*. Finansieringsutredningen, avsnitt 4.

⁵ Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) rapport den 4 juni 2013 *Förändringar i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet och förordningen (2008:715) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet* (Dnr: SSM2011-4690), avsnitt 4.9.2.

⁶ 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.

att tillgå för hantering av använt bränsle och radioaktivt avfall. Medlemsstaterna ska också se till att det nationella ramverket innehåller krav på att tillräckliga ekonomiska resurser finns tillgängliga när det behövs för att genomföra det nationella kärnavfallsprogrammet.

Den svenska staten bär ett "sistahandsansvar" för såväl säkerheten som finansieringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Principen om statens sistahandsansvar finns också reglerad i 1997 års konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall (avfallskonventionen) som Sverige ratificerat.⁷ Konventionen innebär att den svenska staten åtagit sig att säkerställa att det primära ansvaret för säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle eller radioaktivt avfall vilar på tillståndshavaren. Om det inte finns någon sådan tillståndshavare eller någon annan ansvarig part, vilar ansvaret på staten.⁸

Statens ansvar har alltså två delar:

1. ett övergripande ansvar att se till att slutförvaringen kommer till stånd
2. ett sistahandsansvar för slutförvaringen i meningen att staten ska ta på sig en beställar- och finansierarroll om kärnkraftsindustrin inte har förmåga att utföra uppgiften eller av annat skäl avstår från att göra det

Ett statligt övertagande av rättigheter och skyldigheter när det inte finns någon tillståndshavare som kan utkrävas ansvar fordrar noggranna civilrättsliga överväganden avseende ägarförhållandena till det använda bränslet. Strålsäkerhetsutredningen har uppmärksammat frågor som är förknippade med den fastighet där slutförvaret är beläget i händelse av en konkurs eller likvidation hos fastighetens ägarbolag.⁹

När staten övertar tillståndshavarens rättigheter och skyldigheter är det Strålsäkerhetsutredningens bedömning att marken där slutförvaret är beläget övergår i statlig ägo. Härigenom tillförsäkras inte bara statens direkta kontroll över såväl det deponerade bränslet

⁷ SÖ 1999:60 Konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall, Utrikesdepartementet. (Kärnavfallskonventionen).

⁸ Jfr artikel 21 i kärnavfallskonventionen.

⁹ SOU 2011:18 *Strålsäkerhet: gällande rätt i ny form*, Strålsäkerhetsutredningen. s. 504 ff.

som markens framtida användningsområde utan även frågan om kärnämneskontroll efter förslutning underlättas betydligt med staten som markägare. Efter att äganderätten till marken där slutförvaret är beläget övergått i statlig ägo är det därmed staten som ansvarar helt och fullt för efterbehandlingsansvaret om slutförvaret i framtiden orsakar skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Statens sistahandsansvar innebär inte någon begränsning av kärnkraftindustrins ansvar enligt kärntekniklagen. Detta ansvar kan emellertid i realiteten sägas vara begränsat genom att det formella ansvaret är knutet till företag som sannolikt inte har någon större betalningsförmåga när reaktorerna är stängda. Denna bristande överensstämmelse ("mismatchning") mellan betalningsansvar och betalningsförmåga över tid innebär en ekonomisk risk för staten. Det är bland annat av dessa skäl som lagstiftningen på detta område succesivt byggts upp.

8.2.3 Utredningen om radioaktivt avfall (AKA-utredningen)

Utredningen (I 1972:08) om radioaktivt avfall (AKA-utredningen) hade som en av sina uppgifter att föreslå former för finansieringen av behandling, transport och förvaring av radioaktivt avfall samt av forsknings- och utvecklingsprogram.¹⁰

I sina betänkanden¹¹ beskrev utredningen en strategi för hur man skulle ta hand om kärnavfallet som baserades på fyra huvudpunkter:

1. upparbetning av det använda kärnbränslet med en efterföljande deponering av det förglasade högaktiva avfallet, (vilket var utredningens huvudalternativ)
2. direktdeponering av det använda kärnbränslet fördes fram som ett alternativ
3. central mellanlagring av det använda kärnbränslet i avvaktan på upparbetning eller direkt deponering
4. centralt slutförvar för låg- och medelaktivt kärnavfall

¹⁰ SOU 1976:30 *Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, del I* och SOU 1976:31 *Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, del II*. Utredningen om radioaktivt avfall.

¹¹ SOU 1976:30 *Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, del I*, s. 84ff.

Utredningen framhöll också att nedläggningen av kärntekniska anläggningar skulle orsaka svårhanterligt avfall i framtiden. En utgångspunkt för AKA-utredningen var att samtliga kostnader för radioaktivt avfall och använt kärnbränsle skulle bäras av producenterna av kärnenergi.¹²

AKA-utredningen föreslog att kraftbolagen i sina kostnads-kalkyler skulle räkna med framtida utgifter för upparbetning av använt kärnbränsle och slutlig förvaring av högaktivt avfall redan när kärnbränslet används för framställning av energi. Samma princip föreslogs gälla även låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverk. AKA-utredningen förordade att ett skattebefriat belopp som svarade mot dessa utgifter, skulle avsättas varje år i kärnkraftsföretagens bokslut till en särskild företagsintern fond. Denna skulle täcka kostnader när dessa uppstod men under mellantiden skulle, enligt förslaget, de avsatta medlen användas i företagen. Regeringen lade fram en proposition i enlighet med förslaget som antogs av riksdagen.¹³

Kostnadsberäkningar som utgjorde underlaget för kärnkraftsbolagens avsättningar de närmaste följande åren, utfördes av ett av kärnkraftsföretagen gemensamt ägt företag, Svensk kärnbränsleförsörjning AB (SKBF), numera Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Utgångspunkten för kostnadsberäkningarna var de förslag till lösningar på frågor om hantering och förvaring av radioaktiva restprodukter som kärnkraftsbolagen redovisade inom ramen för Projekt Kärnbränslesäkerhet (KBS).¹⁴

Med stöd av förordningen (1979:27) med bemyndigande för riksskatteverket att utfärda föreskrifter för beräkning av avdrag för framtida utgifter för hantering av utbränt kärnbränsle m.m. utfärdade verket föreskrifter som innebar att avsättningarna inte fick överstiga 9 kronor per megawattimme vid tillämpningen av 1980 års taxering.¹⁵

¹² Se även SOU 1980:14 *Kärnkraftens avfall: organisation och finansiering*. Utredningen om kärnkraftens radioaktiva avfall - organisations- och finansieringsfrågor, s. 23.

¹³ Prop. 1978/79:39.

¹⁴ KBS bildades 1976 som en följd av de krav som ställdes i lagen (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktorer kärnbränsle m.m. (villkorslagen).

¹⁵ Prop. 1980/81:90, bilaga 1, s. 316.

8.2.4 Lagen (1981:669) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. – finansieringslagen

En annorlunda lösning på finansieringsfrågan föreslogs i 1981 års energipolitiska proposition. I enlighet med propositionen beslöt riksdagen om en ny lag – lagen (1981:669) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. Lagen trädde i kraft den 1 juli 1981.

Lagen innebar en övergång till de principer som nu gäller för reaktorinnehavarnas skyldigheter och för ansvaret för finansieringen. Bestämmelserna stämmer också i stora delar överens med dem som nu återfinns i kärntekniklagen¹⁶ och finansieringslagen.

I lagen slås reaktorinnehavarnas skyldigheter fast. Den som har tillstånd att inneha och driva en kärnkraftreaktor ska svara för att:

- använt kärnbränsle och radioaktivt avfall hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt
- reaktoranläggningen ska kunna avvecklas och rivas på ett säkert sätt
- den forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att fullgöra skyldigheterna bedrivs

Reaktorinnehavarna skulle, i likhet med nu gällande rätt, i samråd med övriga reaktorinnehavare upprätta en plan för den forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövdes för att kunna fullgöra skyldigheterna. Planen skulle också innehålla en översikt över ”behövliga åtgärder som avses bli vidtagna under de närmaste fem åren”. Planen skulle ses över varje år och skickas in till regeringen eller den myndighet regeringen bestämmer.¹⁷ Den myndighet som från början svarade för uppgiften var dåvarande Statens kärnbränslenämnd (SKN) men 1992 fördes uppgifterna över till Statens kärnkraftinspektion (SKI) i samband med att SKN lades ned.

Enligt lagen skulle reaktorinnehavaren svara för kostnaderna för att fullgöra skyldigheterna och därför betala en avgift till staten så länge reaktorn var i drift. Avgiften skulle utgå från den energi som reaktoranläggningen levererade och avgiften skulle bestämmas med ledning av den årliga planen. Avgiftsmedlen skulle sättas in på ränte-

¹⁶ Jfr 10, 11 och 12 §§ lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

¹⁷ Enligt 12 § kärntekniklagen ska programmet för forskning och utvecklingsverksamhet (så kallat Fud-program) upprättas vart tredje år.

bärande konton i Riksbanken, ett för varje tillståndshavare. I samband med övergången till det nya finansieringssystemet överfördes de medel som redan avsatts av tillståndshavarna i deras bokslut till respektive konto i Riksbanken.¹⁸

Reaktorinnehavarna skulle förutom att svara för kostnaderna för att fullgöra skyldigheterna även svara för statens kostnader för att:

1. komplettera forsknings- och utvecklingsverksamheten
2. pröva frågor om den årliga avgiften
3. övervaka och kontrollera slutförvar¹⁹

I sitt yttrande över lagförslaget anger lagrådet att reaktorinnehavarnas skyldigheter inte enbart är att ”vidta och bekosta de faktiska åtgärder som krävs utan även ansvara för återstoden av företagets förmögenhet för kostnader som staten skulle kunna ådra sig för sådana åtgärder, ifall reaktorinnehavaren skulle underlåta att fullgöra sina skyldigheter och därför statens nödgas vidta åtgärderna”.²⁰

Lagrådet uttalade också att de inbetalade medlen ”utgör staten tillhöriga medel”, men att avsikten är att medlen ska vara reserverade för att användas för bestämda ändamål. Reaktorinnehavarna har en rätt att ur medlen få ersättning för kostnader för sådana åtgärder som medlen är avsedda för. Men om reaktorinnehavarna inte kan fullgöra sina skyldigheter måste staten rycka in och svara för att erforderliga åtgärder vidtas. Lagrådet rekommenderade att statens ianspråktagande av medlen, för kostnader som staten haft, bör anges i lagen.²¹

8.2.5 Senare kompletteringar av finansieringslagen

I samband med vissa förändringar av myndighetsorganisationen på det kärntekniska området 1992 beslöt riksdagen på förslag av regeringen om en ny lydelse av finansieringslagen.

¹⁸ Reaktorinnehavarna hade under några år möjlighet till återlån av de fonderade medlen. Denna möjlighet slopades genom ändring av lagen i mitten på 1980-talet.

¹⁹ De skyldigheterna motsvaras i dag av bestämmelserna i 4 och 6 §§ finansieringslagen.

²⁰ Prop. 1980/81:90, Bilaga 1, Bihang F, s. 637.

²¹ Ibid, s. 639.

Den nya lagen (1992:1537) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. innebar inte några principiella ändringar i finansieringssystemets uppbyggnad.

I den så kallade Kärnbränslefondsutredningen, som tillsattes i maj 1993, restes frågan om finansieringssystemets tillförlitlighet mot bakgrund av att finansieringslagen syftar till att säkerställa att kärnkraftsproduktionen finansierar samtliga kostnader som orsakas av hanteringen och förvaringen av använt kärnbränsle, långlivat kärnavfall samt rivningsavfall. I betänkandet²² föreslogs ett system med kompletterande säkerheter.

Regeringen och riksdagen följde Kärnbränslefondsutredningens förslag med två kompletterande säkerheter dels för att säkerställa fonduppbyggnaden om kärnkraftverken stängs av innan reaktorerna har drivits i 25 år, dels med avseende på ”skäliga kostnader för tillkommande åtgärder som beror på oplanerade händelser”. Säkerheterna skulle tillhandahållas av tillståndshavarna.²³

Den nya ordningen innebar också att medlen i Riksbanken fördes över till Riksgäldskontoret och kom att betecknas Kärnavfallsfonden. Medlen skulle förvaltas av en särskild myndighet, Kärnavfallsfondens styrelse, vilken senare kom att också benämnas Kärnavfallsfonden.

Bestämmelserna kompletterades 1996. Den författningsreglering som beslutades då är i princip densamma som gäller i dag. Enligt bestämmelserna ska en avgift baserad på den totala kostnaden för omhändertagandet av kärnavfallet m.m. betalas av innehavaren av en kärnkraftsreaktor i förhållande till antalet levererade kilowattimmar el vid anläggningen.

Avgiften enligt lagen avser finansiering av bl.a. kostnader för att ta hand om använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall, kostnader för en säker avveckling och rivning av kärnkraftverken samt kostnader för den forskning och utveckling som har samband med detta. Avgifterna ska betalas kvartalsvis till Kärnavfallsfonden. Reaktorinnehavaren ska därutöver ställa säkerheter som dels ska täcka den fondbrist som uppstår om samtliga kärnkraftsreaktorer ställs av under det innevarande året samt kostnaderna för rivning av kärnkraftverken, dels täcka kostnader för tillkommande åtgärder som beror på oplanerade händelser. Säkerheterna ska ställas till Kärnavfallsfondens styrelse som förvaltar dem.

²² SOU 1994:107 *Säkrare finansiering av framtida kärnavfallskostnader*. Kärnbränslefondsutredningen.

²³ Prop. 1995/96:83.

Lagen ersattes 2007 av lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet (finansieringslagen) som gäller nu. Lagen gäller samtliga som har tillstånd att inneha eller driva kärntekniska anläggningar som ger upphov till högaktivt kärnavfall som måste slutförvaras under lång tid och inte enbart reaktorinnehavare som tidigare lagstiftning.

Enligt lagen ska kärnavfallsavgifter tas ut för de kostnader som omhändertagande av avfall och avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar genererar ända tills avfallet är placerat i slutligt förvar (grundkostnaden) samt för statens kostnader för förvaltning och tillsyn m.m. (merkostnader). Avgiftsskyldigheten upphör inte förrän allt använt kärnbränsle och kärnavfall finns i förslutna slutförvar. Avgiftsmedlen ska liksom tidigare fonderas i Kärnavfallsfonden.

Den nya lagen ger bättre möjligheter att kräva säkerheter för de belopp som inte täcks av fonden. Säkerheterna motsvarar:

- dels ett belopp som motsvarar skillnaden mellan de återstående grundkostnaderna och merkostnaderna för de restprodukter som har uppkommit då beräkningen görs och de medel som har fonderats för dessa kostnader (finansieringsbeloppet)
- dels ett belopp som motsvarar en skälig uppskattning av grundkostnaden och som kan uppkomma till följd av oplanerade händelser (kompletteringsbeloppet)

Den nuvarande lagen innebär även att processen för att bestämma avgifter och säkerheter är mer flexibel och möjligheterna att hantera den risk som staten bär för kärnavfallskostnaderna har förbättrats.²⁴

8.2.6 Riksdagens principiella ställningstagande

Riksdagen har, vilket Kärnavfallsrådet redogjort för vid flera tidigare tillfällen, tidigt ställt sig bakom fyra grundläggande principer när det gäller hanteringen av använt kärnbränsle och kärnavfall.²⁵ Dessa fyra grundläggande principer redovisas i det följande avsnittet.

²⁴ Prop. 2005/06:183.

²⁵ Se bland annat prop. 1980/81:90, bilaga 1, s. 319, 609 och 610, prop. 1983/84:60, s. 38, prop. 1997/98:145, s. 381 samt näringsutskottets betänkanden 1988/89:NU31 och 1989/90:NU24.

Den ansvarsfördelning som kommer fram i dessa grundprinciper återspeglas i lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) och i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet (finansieringslagen).

Den *första* grundläggande principen är att kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall ska täckas av intäkterna från den produktion av energi som gett upphov till dem. Med hänsyn till de långa tidsperioder som krävs för hantering och slutförvaring kommer utgifter att uppstå långt efter det att produktionen vid en anläggning, som det använda kärnbränslet kan hänföras till, har upphört. Det innebär att medel för framtida utgifter för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle fortlöpande måste tas ur intäkterna från energiproduktionen.

Denna princip har i sin helhet kommit till uttryck såväl i finansieringslagen som i kärntekniklagen.²⁶ Avgiftsskyldigheten upphör i praktiken inte förrän allt använt kärnbränsle och kärnavfall finns i förslutna slutförvar.

Den *andra* grundläggande principen är att en reaktorinnehavare ska svara för att använt kärnbränsle och kärnavfall tas om hand på ett säkert sätt. Det innebär att reaktorinnehavarna är skyldiga att svara för att erforderliga åtgärder för hantering och slutförvaring faktiskt kommer till stånd. De måste också, utöver det rent tekniska handhavandet, se till att ha en organisation för verksamheten med ekonomiska, administrativa och personella resurser som är tillräckliga för att kunna fullgöra dessa skyldigheter.

Tillståndshavarens skyldigheter att på ett säkert sätt slutförvara det använda kärnbränslet kvarstår till dess att de fullgjorts. Frågan om när tillståndshavaren anses ha fullgjort sina skyldigheter kan komma att vara beroende av när slutförvaret slutligt förslutits. Den andra principen finns reglerad i kärntekniklagen.²⁷

En *tredje* grundläggande princip är att staten har ett övergripande ansvar för använt kärnbränsle och kärnavfall. Det långsiktiga ansvaret för hantering och förvaring av använt kärnbränsle och

²⁶ Jfr 11 § lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet (finansieringslagen) samt 13 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

²⁷ Jfr 10, 11, 12, 13 och 14 §§ kärntekniklagen.

kärnavfall bör ligga hos staten. Efter att slutförvaren²⁸ har tillslutits torde det krävas att någon form av ansvar för och tillsyn av slutförvaren kan upprätthållas under avsevärd tid. En statlig myndighet kan komma att överta ansvaret för de tillslutna slutförvaren.

Regeringen har när det gäller denna princip uttalat att det ligger i sakens natur att staten har det yttersta ansvaret för att verksamhet som är reglerad i kärntekniklagen, fungerar även på mycket lång sikt.²⁹ Som nämnts ovan har staten formellt också ett sistahandsansvar genom att ratificera 1997 års ”konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall” (avfallskonventionen) och genom det av EU inrättade kärnavfallsdirektivet.

Den 11 december 2008 beslutade regeringen att tillkalla en särskild utredare med uppdrag att se över lagstiftningen på kärnteknik- och strålskyddsområdet.³⁰ Enligt utredningens direktiv skulle bland annat behovet och den eventuella utformningen av en lagreglering av det långsiktiga ansvaret för det förslutna slutförvaret för använt kärnbränsle övervägas.

Utredningen har i sitt betänkande föreslagit att det införs en lagregel som reglerar statens sistahandsansvar för det använda kärnbränslet.³¹ Ett sådant lagstadgande har enligt utredningen flera fördelar. Genom den lagreglering utredningen föreslår tydliggörs statens ansvar. En sådan regel kan skapa en trygghet för berörda aktörer såsom den kommun där bränslet kommer att deponeras, dess invånare, fastighetsägare och även kraftindustrin. Genom en systematisk statlig tillsyn elimineras risken för att tillståndshavarnas drivkraft avtar för att fullfölja sitt ansvar för att nå en lösning på hur det använda bränslet ska slutförvaras. Ett statligt övertagande av rättigheter och skyldigheter när det inte finns någon tillståndshavare som kan utkrävas ansvar fordrar noggranna civilrättsliga överväganden avseende ägarförhållandena till det använda bränslet. Regeringen överväger fortfarande utredningens förslag.

En *fjärde* grundläggande princip, som flera gånger har fastslagits av riksdagen, är att varje land ska ta ansvar för det använda kärn-

²⁸ Här syftas på dels det redan existerande slutförvaret för radioaktivt driftavfall (SFR i Forsmark), dels ett planerat slutförvar i Forsmark för använt kärnbränsle, dels ytterligare slutförvarsanläggningar som kan behövas för rivningsavfall.

²⁹ Prop. 1997/98:145, s. 381 fjärde stycket.

³⁰ Utredningen om en samordnad reglering på kärntekniks- och strålskyddsområdet (Strålsäkerhetsutredningen).

³¹ SOU 2011:18 *Strålsäkerhet: gällande rätt i ny form*, Strålsäkerhetsutredningen, s. 493 ff.

bränsle och kärnavfall som uppkommer i landet.³² Av detta följer att slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall från kärnteknisk verksamhet i ett annat land inte får förekomma i Sverige annat än i rena undantagsfall.

Denna fjärde princip framkommer av 5 a § andra stycket kärntekniklagen. Denna princip kommer även till uttryck i EU:s kärnavfalldirektiv som föreskriver att radioaktivt avfall ska slutförvaras i den medlemsstat som det genererades i, såvida inte avtal har slutits mellan medlemsstater om att använda slutförvarsanläggningar i en av medlemsstaterna.³³

Regeringen har den 19 december 2013 lagt en lagrådsremiss med förslag till ändringar i kärntekniklagen som inför bestämmelserna i kärnavfalldirektivet i svensk lagstiftning. Ändringarna skulle innebära att det krävs tillstånd för att utomlands slutförvara kärnämne om detta kommer från en verksamhet i Sverige. Ett sådant tillstånd skulle dessutom endast ges om fördelarna med slutförvaring utomlands från kärnsäkerhets- eller strålskyddssynpunkt tydligt överväger fördelarna med slutförvaring i Sverige. Ett sådant tillstånd får dessutom endast ges om Sverige och det andra landet har ett avtal om sådan slutförvaring.

8.3 Kostnadsberäkningar

8.3.1 Osäkerheter vid kostnadsberäkningar

Tiden för uppförande, drift och förslutning av en anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle är uppskattad till cirka 70 år, baserat på nuvarande planering av kärnkraftsreaktorernas drifttid. Enligt aktuell tidsplan från SKB ska anläggningen stå klar att ta emot den första kapseln vid mitten av 2020-talet och den sista cirka 50 år senare. Därefter ska förvaret återfyllas och förslutas.

Sammantaget handlar det således om en uppskattningsvis mycket lång projekttid. Den långa projekttiden är en starkt bidragande faktor till att det finns en betydande kostnadsosäkerhet i kärnavfallsprogrammet – ju längre tidshorisont som beaktas desto osäkrare är framtiden. I scenariot med 50 respektive 60 års drifttid för kärn-

³² Prop. 1992/93:98, s. 29.

³³ Jfr artikel 4 punkt 4 i Rådets direktiv 2011/70/Euratom av den 19 juli 2011.

kraftsreaktorerna kommer det inte att förekomma några inbetalningar till kärnavfallsfonden efter 2045.

I likhet med andra industri- och anläggningsprojekt finns en risk för att kostnader och intäkter kan få andra och mer ofördelaktiga förlopp än i de som presenteras i beräkningarna. Finansieringslagen och den anslutande finansieringsförordningen har därför utformats utifrån antagandet att det finns en betydande kostnadsosäkerhet. Det finns en hög komplexitet i de beräkningar av kostnader som utgör underlag för beräkning och fastställande av avgifter och säkerheter, vilket manar till försiktighet vid beräkningen av förväntade kostnader och tillhörande osäkerhetsmarginaler för kärnavfallsprogrammet.

Samma mått av försiktighet är motiverad även i granskningen av kostnadsunderlagen och regeringens olika beslut om avgifter och säkerheter. Projektets natur – där det lägsta kostnadsutfallet är begränsat medan det högsta kostnadsutfallet i teorin är nästan obegränsat – gör det rimligt att anta att kostnadsosäkerheten är asymmetrisk. Det implicerar en i relativa termer högre sannolikhet för stora kostnadsökningar än för stora kostnadsbesparingar.

Kärnkraftsindustrin genomför regelbundet kostnadsberäkningar. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har jämfört den senaste beräkningen, från 2011, med beräkningen från 2008 och därvid kunnat konstatera att de förväntade totala framtida kostnaderna ökat med cirka 38 procent i reala termer mellan dessa beräkningstillfällen. Då hade hänsyn tagits till att beräkningarna omfattar olika tidperioder och avser olika prisnivåer.³⁴

Enligt SSM kan de ökade kostnaderna sättas i relation till den osäkerhetsanalys som genomförs. I den osäkerhetsanalys som genomfördes i beräkningen 2008 låg den 90:e percentilen, dvs. ett värde som med 90 procent sannolikhet inte ska överskridas, på cirka 85 miljarder kronor. Väntevärdet för de framtida totala kostnaderna i beräkningen från 2011 är 94 miljarder kronor. Detta illustrerar tydligt den stora osäkerhet som finns i kostnadsberäkningarna.

De stora osäkerheterna understryker vikten av en väldokumenterad metodik för att hantera beräkningarna. Både SKB och SSM använder sig av så kallad successiv kalkylering,³⁵ vilken kan karaktäriseras som en expertbaserad Delfi-metod understödd av statis-

³⁴ SSM:s rapport den 4 juni 2013, dnr SSM2011-4690.

³⁵ Fördelningskurva för sannolikheten för olika kostnadsutfall.

tiska antaganden. Metodiken används av andra organisationer i Sverige, exempelvis Trafikverket, vid kostnadsberäkningar för stora infrastrukturprojekt. Beräkningsarbetet genomförs av en projektgrupp, som bl.a. ansvarar för detaljerad scenarioanalys. En mångsidigt sammansatt analysgrupp identifierar osäkerhetsfaktorer och bedömer möjliga utfall av de identifierade osäkerheterna. Med statistiska metoder sammanställs utfallen till en totalkostnadskurva för hela programmet. Denna kostnadskurva visar sannolikheterna för olika totalkostnader och ger underlag för beräkning av avgift till Kärnavfallsfonden och kompletteringsbelopp.

Termen ”successiv” syftar på att analysprocessen upprepas genom att resultaten från en föregående osäkerhetsanalys återförs till analysgruppen (återkoppling). Analysen förfinas alltså successivt, men frågan är naturligtvis i vilken utsträckning genuint nya faktorer tillförs vid dessa iterationer. Slutresultatet bygger på subjektiva värderingar hos analysgruppen, men det är svårt att se hur sådana värderingar kan undvikas med hänsyn till den långa tidshorisonten. En mångsidigt sammansatt analysgrupp är emellertid utomordentligt viktigt för att undvika att slutresultatet viktas i en riktning och garantera förutsättningslös prövning också av extrema scenarier.

Ovan konstaterades att analysen pekar på en asymmetri i osäkerheterna, dvs. det är lättare att identifiera faktorer som ger stora kostnadsökningar än stora kostnadsminskningar. För programstyrning och resurshushållning är det emellertid viktigt att analysera möjligheter till kostnadsminskningar. En fråga är hur lärande genom projekterfarenheter och teknikutveckling kan utnyttjas och minska kostnaderna under projektets gång. Denna fråga får speciell betydelse dels genom den långa tidshorisonten, som omfattar flera generationer av verksamma personer, dels genom möjligheterna till lärande inom och mellan nationella program för exempelvis rivning av kärnkraftverk. Lärkurvor är en metod för att beräkna och kontrollera effekterna av lärandet. Det finns en mycket omfattande internationell litteratur om lärkurvor och det är Kärnavfallsrådets uppfattning att möjligheterna att använda denna metod för att kvantifiera lärandets effekter i kostnadsuppskattningarna bör analyseras.

8.3.2 Diskonteringsräntan – en viktig faktor vid beräkning av kärnavfallsavgiften

En grundläggande förutsättning för att kunna beräkna hur stora avsättningar som behöver göras till kärnavfallsfonden, för att finansiera de framtida förväntade kostnaderna för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall, är att bestämma vilken diskonteringsränta som ska användas vid beräkningarna. Det finns i olika sammanhang ett antal modeller för att bestämma vilken diskonteringsränta³⁶ som lämpligen bör användas.

Den grundläggande principen i detta sammanhang är att diskonteringsräntan ska motsvara kärnavfallsfondens förväntade avkastning.³⁷ En viktig faktor vid beräkningen är alltså vilken real förräntning av fondmedlen som kan förväntas.³⁸ Fondmedlens realavkastning är beroende av hur medlen är placerade. Det gäller att göra en så god prognos som möjligt på den reala avkastning som fonduppbyggnaden kan väntas medföra.

Avsättningarna till kärnavfallsfonden måste vara så stora att det belopp som sätts av tillsammans med fondens framtida förväntade avkastning, räcker för att finansiera de framtida förväntade kostnaderna. Det innebär att avkastningen på finansieringssystemets tillgångar måste vara lika stor som räntan på skulderna och att samma diskonteringsräntor ska används för nuvärdesberäkning av tillgångar och skulder – en balansräkning helt enkelt.

Beräkningen av kärnavfallsavgiften är i hög grad kopplad till hur en diskonteringsräntekurva som speglar kärnavfallsfondens förväntade avkastning ska byggas upp. Används diskonteringsräntor som är högre än fondens förväntade avkastning för att beräkna kärnavfallsavgifterna kommer avgifterna att sättas för lågt och de inbetalade avgifterna, tillsammans med kärnavfallsfondens avkastning, kommer inte att räcka för att finansiera de framtida förväntade kostnaderna.

Kärnavfallsavgiften för respektive tillståndshavare bestäms vid varje omräkningstillfälle så att värdet av tillgångarna blir lika stort

³⁶ Diskonteringsränta, är den räntesats som används för att kunna jämföra värdet på betalningar som är skilda i tid och som sträcker sig över en längre period. Den ska avspejla avkastningskravet, både med hänsyn till faktiska kapitalkostnader och de risker som finns vid investeringar.

³⁷ Prop. 1995/96:83, s. 23–24.

³⁸ Med realränta avses den förräntning som erhålls sedan hänsyn tagits till inflationstakten.

som skulderna. Avgiften beräknas utifrån väntevärden på alla i balansräkningen ingående komponenter.

Tillståndshavarnas skuld utgörs av det diskonterade värdet av de förväntade utgifter som är förknippade med de skyldigheter som följer av kärntekniklagen. De förväntade utgifterna beräknas som sannolikhetsvägda medelvärden. Avgiftstillgången värderas med samma diskonteringsräntekurva som skulden.

8.4 Slutsatser

Diskussionerna om hur kärnkraftens avfall bäst ska tas om hand och hur det ska finansieras har diskuterats sedan början av 1970-talet. Förutsättningarna har varierat genom åren. Vissa grundläggande principer har dock hela tiden varit bärande. En av dessa principer är att kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall ska täckas av intäkterna från den produktion av energi som gett upphov till dem.

Kärnavfallsprojektet har några speciella egenskaper jämfört med andra anläggnings- och industriprojekt. En sådan egenskap är den långa projekttiden. Använt kärnbränsle och kärnavfall kommer att slutligt hanteras och slutförvaras långt efter det att den kärntekniska verksamheten upphört att vara i drift för sitt ändamål och långt efter det att verksamheten slutat att generera intäkter.

Den långa projekttiden är en starkt bidragande faktor till att det finns en betydande kostnadsosäkerhet i kärnavfallsprogrammet – ju längre tidshorisont som beaktas desto osäkrare är framtiden. I likhet med andra industri- och anläggningsprojekt finns en risk för att kostnader och intäkter kan få andra och mer ofördelaktiga förlopp än i de som presenteras i beräkningarna. Sannolikheten för stora kostnadsökningar är högre än för stora kostnadsbesparingar.

Finansieringslagen och den anslutande finansieringsförordningen har därför utformats utifrån antagandet att det finns en betydande kostnadsosäkerhet. Enligt lagen upphör inte avgiftsskyldigheten för dem som genererat avfallet förrän allt använt kärnbränsle och kärnavfall finns i förslutna slutförvar.

Avgiftsmedlen fonderas i Kärnavfallsfonden. En viktig faktor vid beräkningen av kostnaderna är vilken real förräntning av fondmedlen som kan förväntas.

Den svenska staten bär slutligen ett sistahandsansvar för såväl säkerheten som finansieringen av använt kärnbränsle och radio-

aktivt avfall. Statens ansvar har två komponenter, dels att se till att slutförvaringen kommer till stånd, dels att staten själv tvingas att ta på sig en beställar- och finansierarroll om kärnkraftsindustrin inte har förmåga att utföra uppgiften eller av annat skäl avstår från att göra det.

Referenser

- 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.
- SKB (2013), *Fud-program 2013 Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall*. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SOU 1976:30 *Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, del I*. Utredningen om radioaktivt avfall. Stockholm: Liber Förlag/Allmänna förlag.
- SOU 1976:31 *Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, del II*. Utredningen om radioaktivt avfall. Stockholm: Liber Förlag/Allmänna förlag.
- SOU 1980:14 *Kärnkraftens avfall: organisation och finansiering*. Utredningen om kärnkraftens radioaktiva avfall- organisations- och finansieringsfrågor. Stockholm: Liber Förlag/Allmänna förlag.
- SOU 1994:107 *Säkrare finansiering av framtida kärnavfallskostnader*. Kärnbränslefondsutredningen. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2004:125 *Betalningsansvaret för kärnavfallet*. Finansieringsutredningen. Stockholm: Fritzes.
- SOU 2011:18 *Strålsäkerhet: gällande rätt i ny form*, Strålsäkerhetsutredningen. Stockholm: Fritzes.
- Strålsäkerhetsmyndigheten, *Förändringar i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet och förordningen (2008:715) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet, avsnitt 4.9.2*. SSM-rapport den 4 juni 2013 (Dnr: SSM2011-4690).

Sveriges internationella överenskommelser (SÖ)

SÖ 1999:60 Konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall, Utrikesdepartementet.

Regeringens propositioner

Proposition 1978/79:39 om avdrag för framtida utgifter för hantering av kärnbränsle.

Proposition 1980/81:90 om riktlinjer för energipolitiken.

Proposition 1983/84:60 med förslag till ny lagstiftning på kärnenergiområdet.

Proposition 1992/93:98 om ändring i lagen (1948:3) om kärnteknisk verksamhet, m.m.

Proposition 1995/96:83 Säkrare finansiering av framtida kärnavfallskostnader m.m.

Proposition 1997/98:145 Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige.

Proposition 2005/06:183 Finansieringen av kärnavfallens slutförvaring.

Lagar Svensk författningssamling

Lag (1977:140) om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktorer kärnbränsle m.m. (villkorslagen).

Lag (1981:669) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. Miljö- och naturresursdepartementet.

Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet. Miljödepartementet.

Lag (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Miljödepartementet.

Näringsutskottets betänkanden

1988/89:NU31

1989/90:NU24

Kommittédirektiv 1992:72

Vetenskaplig kommitté med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar m.m.

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 12? 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 ledamöter 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 2009:31

Tilläggsdirektiv till Kärnavfallsrådet (M 1992:A)

Beslut vid regeringssammanträde den 8 april 2009

Sammanfattning

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 demonstrationsprogram (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 2014

Kronologisk förteckning

1. Vissa bostadsbeskattningsfrågor. Fi.
2. Framtidens valfrihetssystem
– inom socialtjänsten. S.
3. Boende utanför det egna hemmet
– placeringsformer för barn och unga. S.
4. Det måste gå att lita på konsument-
skyddet. Ju.
5. Staten får inte abdikera
– om kommunaliseringen av den svenska
skolan. U.
6. Män och jämställdhet. U.
7. Skärpta straff för vapenbrott. Ju.
8. Översyn av statsskuldspolitiken. Fi.
9. Förändrad assistansersättning
– en översyn av ersättningssystemet. S.
10. Ett steg vidare – nya regler och åtgärder
för att främja vidareutnyttjande
av handlingar. S.
11. Kunskapsläget på kärnavfallsområdet
2014. Forskningsdebatt, alternativ och
beslutsfattande. M.

Statens offentliga utredningar 2014

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

Det måste gå att lita på konsumentskyddet. [4]

Skärpta straff för vapenbrott. [7]

Socialdepartementet

Framtidens valfrihetssystem

– inom socialtjänsten. [2]

Boende utanför det egna hemmet

– placeringsformer för barn och unga. [3]

Förändrad assistansersättning

– en översyn av ersättningssystemet. [9]

Ett steg vidare – nya regler och åtgärder för
att främja vidareutnyttjande av handlingar.

[10]

Finansdepartementet

Vissa bostadsbeskattningsfrågor. [1]

Översyn av statsskuldspolitiken. [8]

Utbildningsdepartementet

Staten får inte abdikera

– om kommunaliseringen av den svenska
skolan. [5]

Män och jämställdhet. [6]

Miljödepartementet

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet

2014. Forskningsdebatt, alternativ och
beslutsfattande. [11].

Kärnavfallsrådet (Statens råd för kärnavfallsfrågor) är en oberoende tvärvetenskaplig kommitté vars uppgift är att ge regeringen råd i frågor om kärnavfall och rivning av kärntekniska anläggningar.

I rapporten *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2014. Forskningsdebatt, alternativ och beslutsfattande* (SOU 2014:11) reflekterar rådet över vetenskaplig oenighet när det gäller frågan om hur använt kärnbränsle ska hanteras. Rapporten ger översikter av kunskapsläget om dels den alternativa tekniken för slutförvaring av högaktivt kärnavfall i djupa borrhål, dels över utvecklingen av framtida reaktorteknik och konsekvenserna av dess införande för den framtida avfallshantering.

Debatten kring bentonitens och kopparens funktion som barriärer i det föreslagna KBS-3-förvaret skildras med referens till den forskning som presenterades på Kärnavfallsrådet internationella symposium om de tekniska barriärerna i november 2013.

Betydelsen av samhällsvetenskaplig och humanistisk forskning för det svenska slutförvarsprojektet diskuteras med hänvisning till internationella forskningsprojekt. Regelverket för kommunernas möjlighet att påverka beslut inför etableringen av miljöfarlig verksamhet beskrivs, samt finansieringen av framtida kostnader för hantering och slutförvaring av restprodukter från kärnteknisk verksamhet.

Rapporten finns tillgänglig på Kärnavfallsrådets webbplats, www.karnavfallsradet.se, och kan beställas hos karnavfallsradet@regeringskansliet.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 978-91-38-24078-6 ISSN 0375-250X

