

R-00-36

Vad gör andra länder med sitt använda kärnbränsle

Svensk Kärnbränslehantering AB

Oktober 2000

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



Vad gör andra länder med sitt använda kärnbränsle

Svensk Kärnbränslehantering AB

Oktober 2000

Förord

Vid granskningen av SKB:s senaste program för forskning, utveckling och demonstration (FUD 98) /1/ ansåg Statens kärnkraftinspektion i sitt utlåtande /2/ att den internationella utvecklingen när det gäller omhändertagande av använt kärnbränsle bör belysas på ett sätt som ”förklarar skeendet på ett pedagogiskt sätt för breda kretsar i samhället”. Denna rapport är ett försök till en sådan produkt.

Som framgår av titeln handlar rapporten bara om vad som händer med det använda kärnbränslet sedan bränselementen tagits ut ur reaktorn. Den tar inte upp frågan om hur det låg- och medelaktiva avfall som uppkommer vid kärnkraftverken tas om hand. Inte heller vad som händer med det högaktiva avfallet från de militära tillämpningarna av kärntechnologin.

Läsaren bör vara medveten om att utvecklingen inom kärnavfallsområdet går snabbt. De sifferuppgifter som anges är i många fall förskvvara.

Undertecknad vill rikta ett varmt tack till SKB:s Per-Erik Ahlström, Bo Gustafsson och Claes Thegerström för värdefulla synpunkter och välbehövlig uppmuntran.



Berit Lundqvist
Projektledare
Säkerhet och vetenskap, SKB

Sammanfattning

Det använda kärnbränslet och de högaktiva resterna från upparbetning måste tas om hand. Oavsett hur energiförsörjningen kommer att se ut i framtiden. Och oavsett om folkviljan i världens olika stater är för eller emot kärnkraft. Hur avfallet tas om hand är en viktig miljö- och hälsoskyddsfråga. Använt kärnbränsle och högaktiva upparbetningsrester kan i värsta fall orsaka stora skador om de hanteras fel.

I ett historiskt perspektiv kan vi konstatera att deponering i geologiska formationer står sig som det bästa alternativet att omhänderta det använda kärnbränslet eller de högaktiva rester som bildas vid upparbetning. Det har till och med blivit en av de få miljöfrågor där den internationella enigheten är i det närmaste total. Enigheten är också så gott som fullständig om att varje land ska ta hand om sitt eget använda kärnbränsle respektive högaktiva avfall. I varje fall ska ingen nation tvingas ta hand om någon annan nations avfall.

Idén om geologisk deponering lanserades redan på 1950-talet. Den har sedan dess överlevt alla andra mer eller mindre realistiska förslag som att till exempel skjuta ut bränslet i rymden, deponera det i världshavens djuphavsbottnar eller begrava det i inlandsisen. Anledningen är att geologisk deponering uppfyller alla krav som genom åren ställts på en säker slutförvaring.

Det finns två huvudstrategier när det gäller synen på det använda kärnbränslet. Vissa länder betraktar det som en energiresurs och väljer att upparbeta det för att kunna utnyttja det klyvbara material som finns kvar i bränslet. Andra väljer att betrakta det använda bränslet som ett avfall och tänker deponera det direkt i någon form av geologisk formation.

Upparbetningens framtid i Västeuropa är inte längre självklar. Någon utbyggnad av kärnkraften förekommer knappt längre och utnyttjandet av anläggningarna styrs av efterfrågan på MOX-bränsle. Lagen i länder som Tyskland och Schweiz krävde tidigare att det använda kärnbränslet skulle upparbetas, men så är inte längre fallet. I Tyskland svänger nu pendeln åt rakt motsatt håll. En överenskommelse har nyligen ingåtts mellan regeringen och fyra kraftbolag att upparbetningskontrakten ska avslutas så snart som möjligt. Många före detta östländer, som tidigare skickade sitt använda kärnbränsle till Sovjetunionen för upparbetning, väljer nu att mellanlagra detta för att så småningom bygga egna geologiska förvar. Asien är egentligen den enda region där både kärnkraft och upparbetning fortfarande är på frammarsch. Japan tar inom några år i drift en egen upparbetningsanläggning. Kina har liknande planer, även om de ännu inte är lika långt framskridna. Också i Indien finns upparbetningsanläggningar i pilotskala.

Upparbetning löser emellertid inte avfallsfrågan. Vid processen bildas högaktiva rester, om än i mindre mängder. Inte heller den nya transmutationstekniken är en slutgiltig lösning på avfallsfrågan. Även här uppkommer högaktiva rester som måste deponeras i ett geologisk förvar. Dessutom finns tekniken än så länge bara på skrivbordet. Framtiden är osäker, trots att både Frankrike och Spanien har aviserat ökade satsningar. För att göra metoden kommersiellt tillgänglig, om det ens går, krävs enorma insatser både när det gäller tid och pengar. Transmutation kräver också upparbetning, något som ofta glöms bort i den allmänna debatten.

Att finna en plats för ett geologiskt förvar för använt kärnbränsle eller högaktivt avfall har visat sig vara en lång och mödosam process som kantats av åtskilliga misslyckanden. Kärnkraftindustrin, politikerna, vetenskapssamhället och miljö rörelsen är dessvärre gemensamt skyldiga till detta.

Tid är en förutsättning för att lyckas. Den behövs för att föra en dialog med allmänheten och utveckla en gemensam syn på de värderingsfrågor som hanteringen av det använda bränslet eller det högaktiva avfallet är förknippad med. En tydlig ansvarsfördelning och ekonomiska resurser är också nödvändiga ingredienser.

Men det går sakta men säkert framåt. En tendens är att forskningsprogrammen i de olika länderna lämnat stadiet av allmän kunskapsuppbyggnad och metodutveckling. I stället pågår mer tillämpad forskning och utveckling. Underjordiska forskningslaboratorier har anlagts på en rad olika platser runt om i världen under de senaste årtiondena. Det finns också några platser utpekade som kandidater för geologiska slutförvar: Olkiluoto i Finland, Yucca Mountain i USA och Gorleben i Tyskland.

Finland har kommit långt på vägen mot lokaliseringen av ett geologiskt förvar. Där finns såväl alla de demokratiska beståndsdelarna som en ordnad finansiering. Samtidigt har både politiker och genomförandeorganisationen Posiva varit starkt bundna av de åtaganden som tidsplanerna inneburit. Den finska regeringen kommer under våren 2001 att fatta ett principbeslut huruvida Olkiluoto är en lämplig plats. Andra länder där lokaliseringsprocessen går framåt är Sverige och Frankrike.

De länder som har kommit längst med byggandet av ett förvar är Tyskland (Gorleben) och USA (Yucca Mountain). I båda dessa länder finns emellertid problem med den allmänna opinionen. En orsak till detta kan vara att platserna utsetts innan den demokratiska förankringsprocessen genomförts fullt ut.

Det senaste årtiondets omvälvningar i östblocket har onekligen kastat ett nytt ljus över avfallsfrågan. Vi har blivit påmind om att samhällsförändringar kan gå oerhört fort. Både framåt och bakåt. Vem trodde till exempel för 15 år sedan att vi skulle få bevittna Sovjetunionens sönderfall? Slutsatsen av detta kan bara bli en: Det är nu när kunskapen, motivationen och pengarna finns, som de länder som har möjlighet ska bygga sina djupförvar.

Innehåll

1	Kärnkraft och avfall i världen	7
1.1	Vilka länder har kärnkraft?	7
1.2	Är använt bränsle ett avfall eller en resurs?	9
1.3	Vilka avfallsmängder rör det sig om?	10
2	Mellanlagring	11
2.1	Mellanlagring på kort sikt	11
2.1.1	Använt kärnbränsle	11
2.1.2	Högaktiva rester från upparbetning	12
2.2	Mellanlagring på lång sikt	13
3	Upparbetning	15
3.1	Varför upparbetas använt kärnbränsle?	15
3.2	Hur går upparbetning till?	15
3.3	Upparbetning i olika länder	16
3.4	Vad händer i framtiden?	18
4	Transmutation	21
4.1	Teknik	21
4.2	Forskning	22
4.3	Vad händer i framtiden?	23
5	Geologisk deponering	25
5.1	Principer för geologisk deponering	25
5.2	Vilka geologiska formationer är tänkbara?	27
5.3	Hur finner man en plats för ett förvar?	30
5.4	Ett internationellt förvar?	34
6	Finansiering	35
6.1	Hur fördelar sig kostnaderna?	35
6.2	Hur sker finansieringen?	36
7	Nationella organisationer	37
8	Internationella organisationer	39
8.1	IAEA	39
8.2	OECD/NEA	39
8.3	EU	40
8.4	ICRP	40
9	Internationell rätt	41
9.1	Vad är en konvention?	41
9.2	Konventioner om använt bränsle och högaktivt avfall	41
	Referenser	45
	Bilaga	51

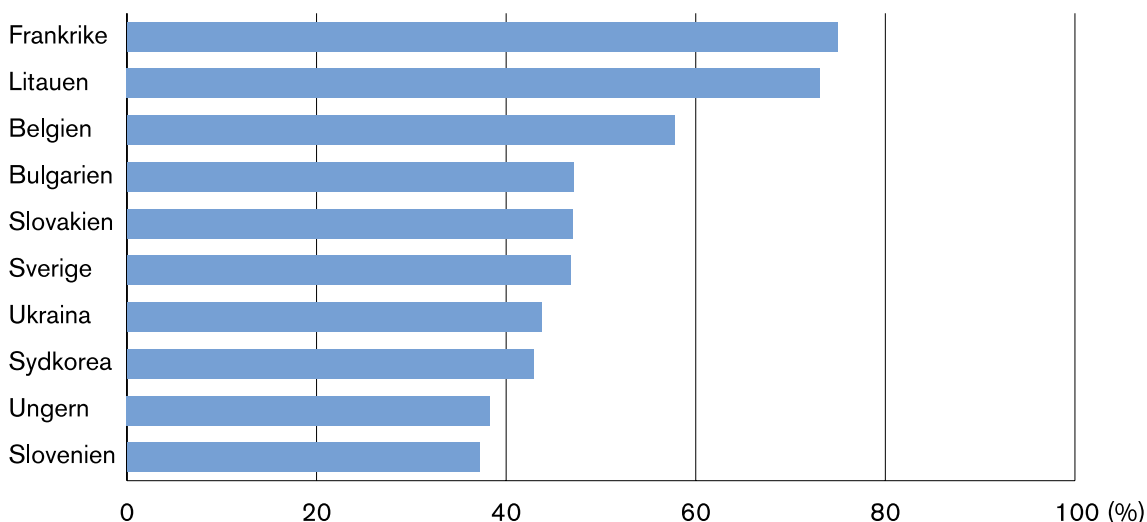
1 Kärnkraft och avfall i världen

Energien har alltid varit nyckeln till människans drömmar om en bättre värld. Strävan efter materiell välfärd är i stor utsträckning sammankopplad med arbetet att tämja de olika energiformerna. Kärnkraften är det senaste exemplet på detta. 1999 kom 17 procent av världens elproduktion från kärnkraft /3/. El som ger ljus, kraft, värme och välstånd, men som samtidigt ger upphov till använt kärnbränsle. Figur 1-1 visar de tio länder i världen som är mest beroende av kärnkraft för sin elförsörjning.

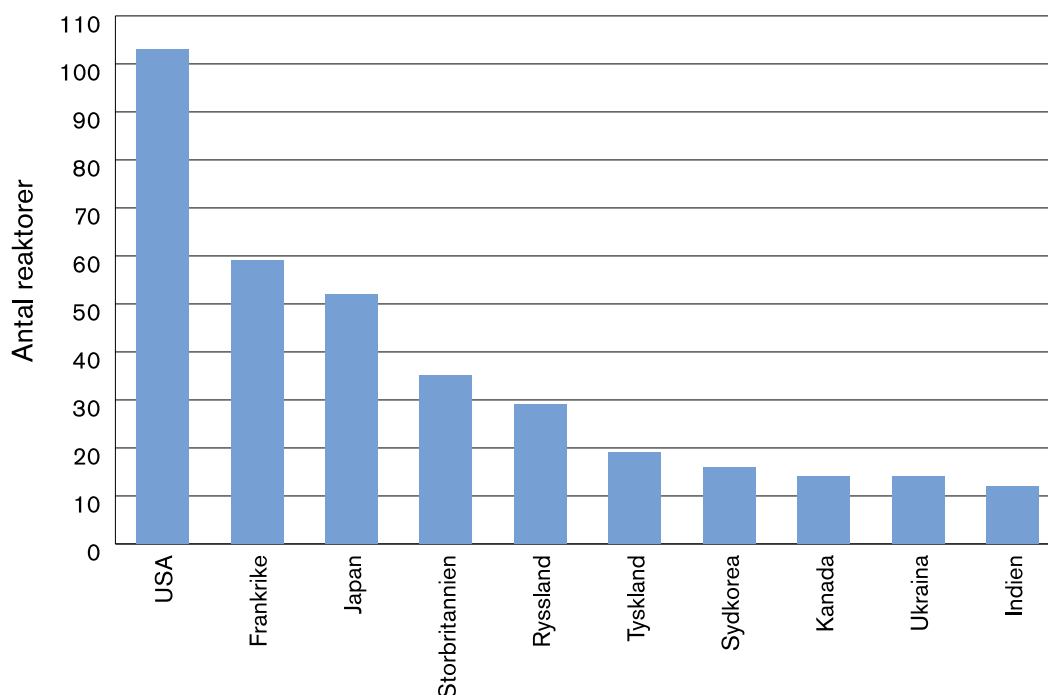
Det använda kärnbränslet måste tas om hand. Oavsett hur energiförsörjningen kommer att se ut i framtiden. Och oavsett om folkviljan är för eller mot kärnkraft. Hur bränslet tas om hand är en viktig miljö- och hälsoskyddsfråga. Skadorna kan i värsta fall bli stora om det hanteras fel. Denna rapport handlar om vad olika länder gör med sitt använda kärnbränsle i dag och vilka planer som finns för framtiden.

1.1 Vilka länder har kärnkraft?

Kärnteknologin utvecklades snabbt under andra världskriget i syfte att få fram en atombomb. Under efterkrigstiden har tekniken också fått en civil tillämpning. Det är inte förvånande att fyra av fem av de länder som har flest antal reaktorer (USA, Frankrike, Japan, Storbritannien och Ryssland) också är kärnvapenmakter. Japan tillhör däremot den stora majoriteten av världens nationer som inte har kärnvapen. Figur 1-2 visar vilka tio länder i världen som har flest reaktorer. Figuren är uppdaterad till och med den 29 september år 2000.



Figur 1-1. De tio länder i världen som under 1999 var mest beroende av kärnkraft för sin elproduktion /4/.



Figur 1-2. Antal reaktorer i olika länder – tio i topp /5/.

Idag finns det 434 kärnreaktorer i drift i 31 länder. Tillsammans har de en installerad effekt av 350 000 megawatt el /5/. I tabell 1-1 finns en sammanställning över antalet reaktorer och installerad effekt i varje land. Tabellen är uppdaterad till och med den 29 september år 2000.

Västeuropa

Kärnkraftens framtid ser olika ut i olika delar av världen. I Västeuropa är kulmen nådd. Nästan inga reaktorer har tagits i drift under det senaste decenniet. Beställningarna av nya reaktorer i Frankrike har upphört och den brittiska satsningen på lättvattenreaktorer har kommit av sig. Tendensen är snarare att avveckla. Detta har vi redan sett exempel på i Sverige. I Tyskland har regeringen och fyra kraftbolag ingått en överenskommelse om att reaktorerna gradvis ska fasas ut /6/. Själva avvecklingen kan dock inte bli verklighet utan en rad lagändringar, se vidare avsnittet om Tyskland i bilagan. De satsningar som gjorts på snabba reaktortyper, som den franska bridreaktorn Super-Phénix, har inte heller slagit väl ut. Tekniska och politiska svårigheter gjorde att Super-Phénix stängdes 1998 efter bara tio månaders drift under tolv år.

Forna östblocket

Fram till Sovjetunionens fall levde man i det gamla östblocket med en helt annan säkerhetskultur än i väst, både vid driften av anläggningarna och när det gäller hanteringen av avfallet. Under det senaste decenniet har idoga försök gjorts att förbättra situationen. Men brist på pengar har gjort att man inte alltid nått ända fram. Tre gamla öststater (Litauen, Slovakien och Bulgarien) stänger därför inom de närmaste åren sina äldsta reaktorer för att anpassa sig till västerländska säkerhetskrav inför ett eventuellt framtida medlemskap i EU. Viss utbyggnad pågår dock fortfarande. Ryssland bygger tre nya reaktorer, Ukraina och Tjeckien två var.

Tabell 1-1 Antal reaktorer och installerad effekt i olika länder

Land	Reaktorer i drift	Installerad effekt (MW el)
Argentina	2	945
Armenien	1	376
Belgien	7	5 713
Brasilien	2	1 871
Bulgarien	6	3 526
Finland	4	2 650
Frankrike	59	63 173
Indien	12	2 197
Japan	52	43 249
Kanada	14	10 298
Kina	3	2 100
Litauen	2	2 500
Mexiko	2	1 308
Nederländerna	1	449
Pakistan	2	425
Rumänien	1	630
Ryssland	29	19 843
Schweiz	5	3 184
Slovakien	6	2 430
Slovenien	1	620
Spanien	9	7 730
Storbritannien	35	12 996
Sverige	11	9 325
Sydafrika	2	1 840
Sydkorea	16	12 990
Taiwan	6	4 884
Tjeckien	4	1 648
Tyskland	19	21 044
Ukraina	14	12 153
Ungern	4	1 720
USA	103	96 185
Totalt	434	350 002

Nord- och Sydamerika

Situationen i USA och Kanada är ganska lik den i Västeuropa. I USA har antalet reaktorer legat i stort sett konstant under ett antal år. Kanada beslöt 1997 att tills vidare stänga av åtta av landets 22 reaktorer på grund av en rad driftstörningar och tillbud. I Mexiko, Argentina och Brasilien finns heller inga mera omfattande planer att bygga ut kärnkraften, även om det i Argentina finns en halvfärdig reaktor. En ny reaktor startades dock i Brasilien under hösten 2000.

Asien

Asien är egentligen den enda region i världen där kärnkraften är på frammarsch. Förklaringen är att det är det enklaste sättet att tillfredsställa det till synes omätliga energibehov som genereras av en snabb ekonomisk utveckling i kombination med en kraftig befolkningstillväxt. Kina är det land som bygger flest reaktorer; åtta stycken. Sydkorea, Japan och Indien är också på stark frammarsch med fyra planerade reaktorer var.

1.2 Är använt bränsle ett avfall eller en resurs?

Hanteringen av det använda bränslet styrs av om ett land väljer att betrakta det som ett avfall eller som en resurs. I stater med stora kärnkraftsprogram har uppberedning setts som en nödvändighet för att på ett uthålligt sätt kunna hushålla med de uranresurser som finns. Det gäller framför allt Frankrike, Storbritannien, Ryssland och Japan. USA är dock ett

undantag. Där har upparbetning på kommersiell grund aldrig slagit igenom. Även flera mindre länder i Västeuropa köper upparbetningstjänster i Frankrike och Storbritannien. De högaktiva förglasade resterna från upparbetningen ska så småningom deponeras i en geologisk formation i ursprungslandet.

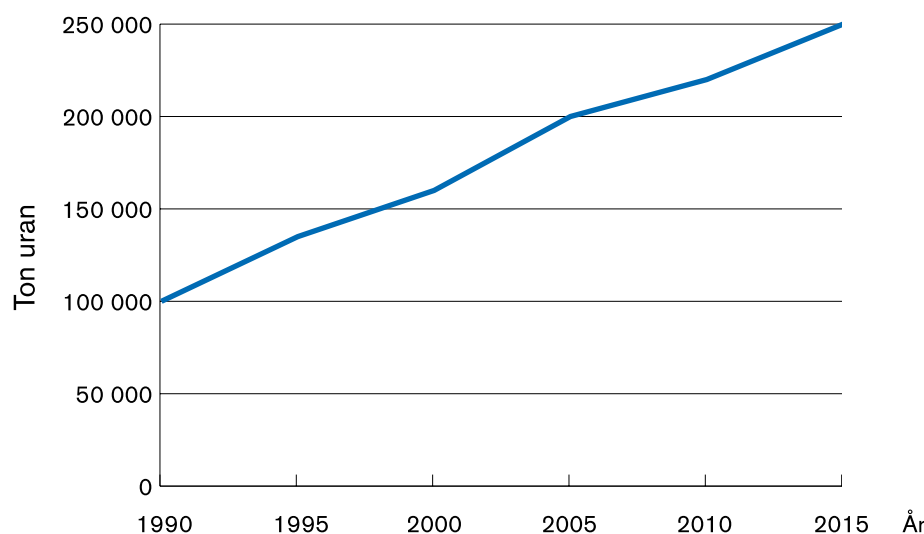
Länder som USA, Kanada, Sverige, Finland och Spanien har emellertid av politiska eller ekonomiska skäl valt att betrakta det använda bränslet som ett avfall. Tanken är att det ska deponeras direkt i någon form av geologisk formation efter några decenniers mellanlagring.

Ett geologiskt förvar på stort djup behövs således oavsett om bränslet upparbetas eller inte.

I bilagan finns en genomgång av hur tio olika länder hanterar sitt använda kärnbränsle. Länderna är: Finland, Frankrike, Japan, Kanada, Ryssland, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Tyskland och USA. Urvalet har gjorts dels på grundval av vilken omfattning kärnkraftprogrammen har, dels med utgångspunkt från om hanteringen av bränslet har några beröringspunkter med situationen i Sverige.

1.3 Vilka avfallsmängder rör det sig om?

Driften av kärnkraftverken har fram till utgången av 1999 genererat 220 000 ton använt bränsle /7/. Så mycket finns inte i lager idag, eftersom ungefär en tredjedel har upparbetats. Figur 1-3 visar en prognos för hur nettomängden använt kärnbränsle ökar under de närmaste decennierna.



Figur 1-3. Prognos för hur mängden använt kärnbränsle i lager ökar under de närmaste decennierna /7/.

2 Mellanlagring

Innan det använda kärnbränslet eller de högaktiva resterna från upparbetningen deponeras i ett geologiskt djupförvar ska avfallet mellanlagras några år så att en del av radioaktiviteten hinner klinga av. Då minskar värmeutvecklingen från bränslet och det blir lättare att hantera. Detta gäller även resterna från upparbetningen.

Med mellanlagring på kort sikt menar vi i detta sammanhang mellanlagring under en begränsad tidsperiod, säg maximalt 100 år, i väntan på deponering. När vi talar om mellanlagring under lång tid avser vi snarare en slags ”vänta-och-se-lösning”.

2.1 Mellanlagring på kort sikt

Mellanlagring i väntan på deponering i en geologisk formation kan ske i bassänger eller i torra utrymmen, vid kärnkraftverken eller i centrala mellanlager.

2.1.1 Använt kärnbränsle

När det använda kärnbränslet tas ut ur reaktorerna lagras det först i bassänger vid kärnkraftverken. Lagringstiden varierar kraftigt, från något år upp till hela den tid som bränslet ska mellanlagras före deponeringen.

I många länder är utrymmet i kärnkraftverkens bassänger på upphållningen. Så är fallet i till exempel USA, Ryssland och många andra före detta östländer. Anledningen till platsbristen är att lagringsmöjligheterna en gång i tiden dimensionerades för att det använda bränslet skulle upparbetas. När så inte skedde, av politiska skäl som i USA och Tyskland eller av ekonomiska som i många gamla öststater, kom bassängerna att utnyttjas i högre grad än planerat.

Utrymmesbristen har i första hand lösts genom att bränslet har packats tätare i bassängerna i så kallade kompaktställ. När även denna möjlighet är uttömd kan kapaciteten utökas ytterligare genom att det använda bränslet lagras i torra luftkylda utrymmen, se figur 2.1.



Figur 2-1. Castorbehållare för torrlagring av använt kärnbränsle.



Figur 2-2. I bassängerna i CLAB mellanlagras det använda kärnbränslet från alla de svenska kärnkraftverken.

Detta har blivit en relativt vanlig lösning i både öst och väst. Både torra och våta lagerutrymmen kan användas utan risk i minst 50 år, förmodligen längre. I det svenska centrala mellanlagret för använt kärnbränsle (CLAB) bedöms bränsleelementen kunna lagras i mer än 200 år, under förutsättning att kvaliteten på vattnet i bassängerna uppfyller gällande specifikationer /8/.

Några länder, till exempel Sverige (CLAB), Tyskland (Ahaus, Gorleben och Greifswald) och Ryssland (Krasnojarsk), har valt att bygga centrala mellanlager för sitt använda kärnbränsle. Figur 2-2 visar bassängerna i CLAB. Även i USA har diskussioner förts om att bygga ett mellanlager vid Yucca Mountain. Det är den plats som den amerikanska kongressen har valt ut för platsundersökningar för ett slutförvar. Inget beslut om ett tillhörande mellanlager kommer emellertid att fattas förrän regeringen slutligen har godkänt platsen.

2.1.2 Högaktiva rester från upparbetning

Bränsle som ska upparbetas förs efter ett par år i bassänger vid kärnkraftverken till upparbetningsanläggningarna i La Hague (Frankrike), Sellafield (Storbritannien) och Majak (Ryssland). Där lagras det ytterligare en tid i bassänger vid anläggningen.

De flytande högaktiva resterna från upparbetningen lagras i ståltankar i väntan på förglasning. Resterna förglasas och förpackas sedan i stålbehållare och mellanlagras i torra utrymmen i några decennier, precis som det använda bränslet. Sellafield och La Hague skickar tillbaka sitt högaktiva avfall till ursprungslandet. I Ryssland omfattar upparbetningskontrakten även mellanlagring och slutförvaring.

Transporter har redan gått från Sellafield och La Hague till Belgien, Tyskland och Japan. Där finns redan inhemska centrala mellanlager i Mol, Ahaus och Gorleben respektive Rokkasho-mura. Även Nederländerna och Schweiz har anläggningar som är redo att ta emot det högaktiva avfallet.

2.2 Mellanlagring på lång sikt

Under det senaste decenniet har alternativet att lagra det använda kärnbränslet eller de högaktiva resterna från upparbetningen i en anläggning under ganska långa tidsperioder dykt upp i debatten. Den nederländska regeringen har fattat ett beslut om att allt giftigt avfall, inklusive radioaktivt avfall, ska förvaras i marknivå så att det lätt går att ta tillbaka. Frankrike avvaktar med sin lokalisering av ett djupförvar för att bland annat utreda vilka konsekvenser mellanlagring på lång sikt skulle medföra.

Den allmänna uppfattningen bland de länder i världen som har kärnkraft är dock att lagring på markytan aldrig kan bli annat än ett steg på vägen mot en permanent lösning – ett geologiskt djupförvar.

3 Upparbetning

Syftet med upparbetning är att ta tillvara energiinnehållet i form av uran och plutonium, som finns kvar i det använda bränslet. Tekniken har sina rötter i kärnvapentechnologin. Från och med 1950-talet kom emellertid upparbetning att användas för fredliga ändamål.

3.1 Varför upparbetas använt kärnbränsle?

För de länder som räknar med att använda kärnkraft i stor skala under många år framåt är upparbetning en förutsättning för att man ska kunna utnyttja energiråvaran effektivt och hushålla med de uranfyndigheter som finns på jorden.

Använt kärnbränsle innehåller atomer som är både lättare och tyngre än utgångsämnet uran. I det använda bränslet finns också en rest av klyvbart uran. Syftet med upparbetning är att ta tillvara det oanvända uranet. Detsamma gäller det plutonium som bildas genom att vissa uranatomer fångar in neutroner. Plutonium används vid tillverkning av MOX-bränsle (mixed oxide fuel). Genom att recirkulera bränslet minskar behovet av att bryta uran.

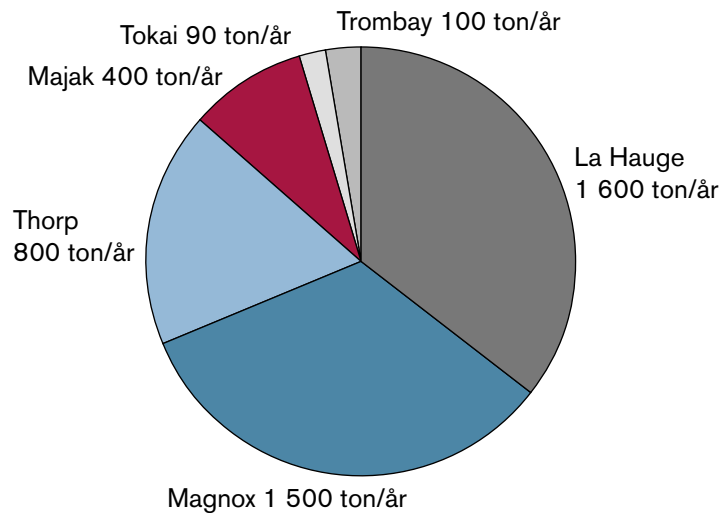
3.2 Hur går upparbetning till?

Upparbetning i industriell skala baserar sig på den så kallade Purex-processen. Tekniken utvecklades redan på 1950-talet och har sedan dess stegvis modifierats med högre utbyte som följd. Förlusterna av klyvbart material uppgår idag bara till 0,2 procent.

En upparbetningsanläggning är en stor kemisk fabrik, se figur 3-1. När det använda bränslet kommer till anläggningen lagras det en tid. Därefter hackas bränslet sönder i två till tre centimeter långa bitar och löses upp i salpetersyra. Genom en komplicerad kemisk separationsprocess kan uran och plutonium skiljas ut. Metoden bygger på att olika ämnen löser sig olika bra i olika lösningsmedel.



Figur 3-1. Upparbetningsanläggningen i La Hague i Frankrike.



Figur 3-2. Upparbetningskapaciteten i världen /9, 10, 11, 12, 14/.

Purex-processen ger upphov till starkt radioaktiva vätskeformiga rester. För att överföra dessa till en fast svårlöslig form blandas koncentratet med kiselföreningar och omvandlas till glas i en ugn vid ungefär 1 200 °C. Detta högaktiva fasta avfall placeras sedan i behållare av rostfritt stål och förvaras sedan i luftkylda lagerrum. Ett ton använt bränsle ger upphov till ungefär 0,1 kubikmeter förglasat avfall. Det förglasade avfallet måste efter mellanlagring i luftkylda utrymmen deponeras i någon form av geologisk formation.

3.3 Upparbetning i olika länder

Upparbetning i industriell skala sker idag vid anläggningarna i La Hague i Frankrike, Sellafield i Storbritannien och Majak i Ryssland. Förutom det egna landets bränsle tar dessa också emot bränsle från andra länder. Det finns också mindre pilotanläggningar i Japan och Indien. Även Kina satsar på upparbetning. Där finns planer på både pilot- och fullskaleanläggningar. I figur 3-2 visas upparbetningskapaciteten i världen.

Frankrike

I upparbetningsanläggningen i La Hague upparbetas bränsle från lättvattenreaktorer som ägs av kraftbolaget EdF (Électricité de France) och 27 andra kraftföretag i Belgien, Nederländerna, Tyskland, Japan och Schweiz. Anläggningen drivs av Cogema (Compagnie Générale des Matières Nucléaires). Kapaciteten uppgår till 1 600 ton använt bränsle per år /9/.

Upparbetningen ger upphov till flytande radioaktiva restprodukter. Dessa förglasas i en speciell förglasningsanläggning. De förglasade högaktiva resterna ska skickas tillbaka till ursprungslandet. Sådana transporter har redan gått till Belgien, Tyskland och Japan.

Storbritannien

Storbritannien upparbetar inte bara sitt eget använda kärnbränsle utan också bränsle från en rad andra länder. Särskilt Japan och Tyskland är stora kunder. Upparbetningstekniken har funnits i landet sedan början av 1950-talet. Då öppnade en liten anläggning i Windscale för att få fram plutonium till kärnvapentillverkning. Verksamheten utökades senare till civil produktion och anläggningen bytte namn till Sellafield.

Sellafield består av två anläggningar: Magnox och Thorp. Magnox upparbetar bränsle från bland annat den äldre generationen brittiska reaktorer med samma namn. Anläggningen togs i drift redan 1964 och kapaciteten uppgår till 1 500 ton per år. I den nyare Thorp-anläggningen från 1990 upparbetas bränsle från lättvattenreaktorer. Anläggningens kapacitet uppgår till 800 ton per år /10/.

Förglasningsanläggningen vid Sellafield togs i drift 1990. Precis som upparbetningsanläggningarna ägs denna av BNFL (British Nuclear Fuel Limited). Det inhemska förglasade avfallet förpackas i stålbehållare och lagras sedan ungefär 50 år i luftkylda utrymmen före slutförvaring. Varje år tillkommer 400 kubikmeter förglasat avfall. De tidigare upparbetningsavtalen innebar att avfallet blev kvar i Storbritannien. Endast plutonium och uran ska enligt dessa skickas tillbaka till ursprungslandet. Numera skickas även det upparbetade förglasade utländska avfallet tillbaka. Sådana transporter har redan gått till Japan och Tyskland. Största delen av det högaktiva avfallet i Sellafield befinner sig emellertid fortfarande i flytande form och lagras i stora tankar av stål.

Ryssland

Vid det kärntekniska industrikomplexet Majak i den före detta stängda staden Tjeljabinsk-65 (Osersk) finns en upparbetningsanläggning, RT-1, som tar hand om det använda bränslet från brikreaktorerna och de mindre VVER-400-reaktorerna, samt allt bränsle från atomubåtarna. Anläggningens nominella kapacitet är 400 ton per år /11/. De lokala myndigheterna har emellertid begränsat produktionen till 225 ton per år.

I anslutning till upparbetningsanläggningen finns också en anläggning för förglasning av de högaktiva vätskeformiga resterna från upparbetning. Tanken är att de förglasade högaktiva resterna ska förpackas i metallbehållare och sedan förvaras i omkring 40 år. Anläggningen fungerade till en början, men har havererat. Det högaktiva avfallet lagras därför i tankar i flytande form. Lagringsmöjligheterna är snart uttömda. Kapaciteten för förglasning håller på att byggas ut och en anläggning står färdig till cirka 70 procent.

En andra upparbetningsanläggning, RT-2, började byggas i Krasnojarsk-26 (Selesnogorsk). Här skulle det använda bränslet från de stora VVER-1000-reaktorerna upparbetas. Men den ekonomiska krisen satte en käpp i hjulet. Bara en tredjedel av anläggningen stod klar när bygget stoppades 1989 på grund av brist på pengar. Men hoppet om att färdigställa anläggningen lever kvar. För att klara finansiering vill ryssarna teckna upparbetningskontrakt med andra länder.

Japan

Landets hittills enda anläggning för upparbetning av använt bränsle ligger i Tokai och drivs av JNC (Japan Nuclear Cycle Development Institute). Det är en liten demonstrationsanläggning som bara kan ta hand om 90 ton använt bränsle per år /12/. Drygt 1 000 ton har upparbetats hittills. Anläggningen stängdes 1997 efter en olycka, men sommaren 2000 återupptogs driften på prov.

JNFL (Japan Nuclear Fuel Limited) håller på att bygga en anläggning i full skala i Rokkasho-mura. Den beräknas kunna tas i drift 2005 och kan då upparbeta 800 ton använt bränsle per år.

Eftersom det för närvarande råder kapacitetsbrist skickar japanerna sitt använda kärnbränsle till Frankrike och Storbritannien för upparbetning i La Hague respektive Sellafield. Efter upparbetning skeppas de högaktiva resterna tillbaka till Japan. Där mellanlagras de i en anläggning i Rokkasho-mura i mellan 30 och 50 år i väntan på

slutförvaring i berggrunden. Det japanska kärnkraftsprogrammet hade 1999 gett upphov till ungefär 12 600 behållare med förglasat avfall. Varje år tillkommer ytterligare 900 stycken /13/.

I anslutning till upparbetningsanläggningen i Tokai finns också sedan 1995 en försöksanläggning för förglasning. De flytande högaktiva resterna blandas med glasmassa vid hög temperatur och förpackas sedan i behållare av stål. En motsvarande fullskaleanläggning byggs i anslutning till upparbetningsanläggningen i Rokkasho-mura.

Indien

Indien har valt att bygga mindre upparbetningsanläggningar i närheten av kärnkraftverken i stället för en stor central anläggning /14/. Den första byggdes i Trombay i början av 1960-talet för att ta hand om bränsle från ett närbeläget centrum för atomforskning. Anläggningen har byggts ut och kan upparbeta 30 ton använt bränsle per år.

1979 togs en andra upparbetningsanläggning i Trombay i drift. Bara en bråkdel av anläggningens kapacitet på 100 ton per år utnyttjas för närvarande. Indien har därför erbjudit sig att ta emot och upparbeta bränsle från andra länder. De högaktiva resterna från upparbetningen kommer i så fall att skickas tillbaka till ursprungslandet.

En tredje upparbetningsanläggning med en kapacitet på 125 ton per år håller på att byggas i Kalpakkam. Denna ska främst användas för att upparbeta det använda bränslet från ett befintligt försöksaggregat och från den snabba brytdreaktor som enligt planerna kommer att tas i drift vid kärnkraftverket där.

I Tarapur finns en anläggning för att förglasa resterna från upparbetningen. Motsvarande anläggningar håller på att byggas i Trombay och Kalpakkam.

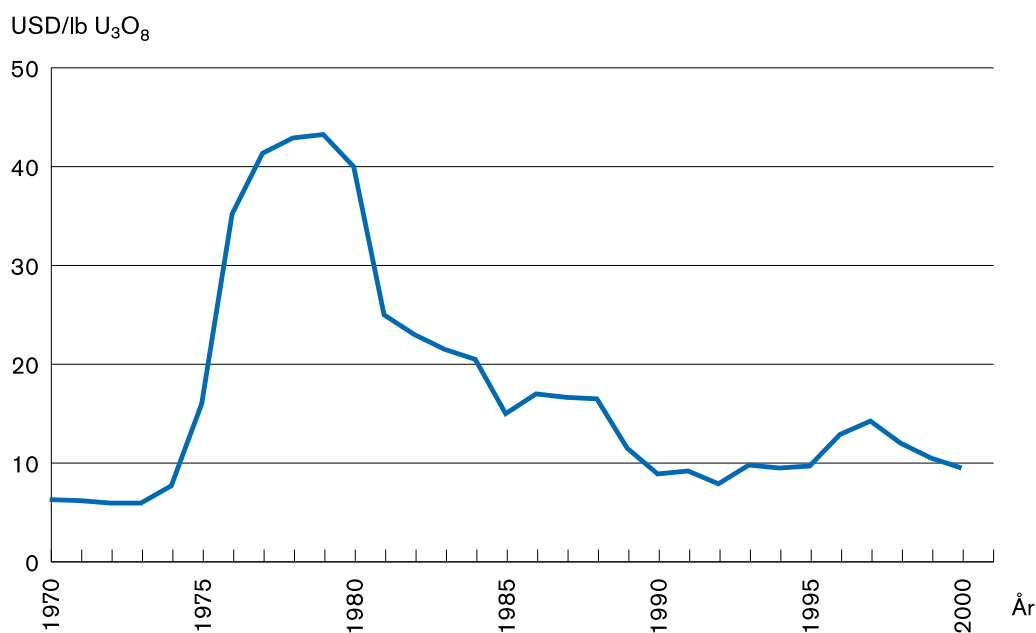
Kina

Eftersom de kinesiska reaktorerna bara varit i drift sedan 1994 är hanteringen av använt kärnbränsle ännu inte något problem. I framtiden kommer dock Kina att satsa på att upparbeta det använda bränslet inom landet. I Lanzhou i centrala Kina håller en pilotanläggning på att byggas. Omkring 100 ton använt bränsle ska upparbetas där varje år. Kineserna planerar också att bygga en fullskaleanläggning med en kapacitet av 400–800 ton bränsle per år /15/.

3.4 Vad händer i framtiden?

Fler och fler länder i både Väst- och Östeuropa överger upparbetning till förmån för direktdeponering i geologiska formationer. Speciellt tydligt är detta för små länder som har ett begränsat kärnkraftprogram, både i tiden och när det gäller antalet reaktorer. Förutom Storbritannien och Frankrike i väst är det egentligen bara i asiatiska länder upparbetning fortfarande framstår som en framkomlig väg. Anledningen till att upparbetning framstår som allt mindre attraktivt är flera och av såväl ekonomisk och politisk som av etisk natur.

För det första gör de sjunkande världsmarknadspriser på uran upparbetning olönsam, se figur 3-3. Det är heller inte lönsamt att använda MOX-bränsle.

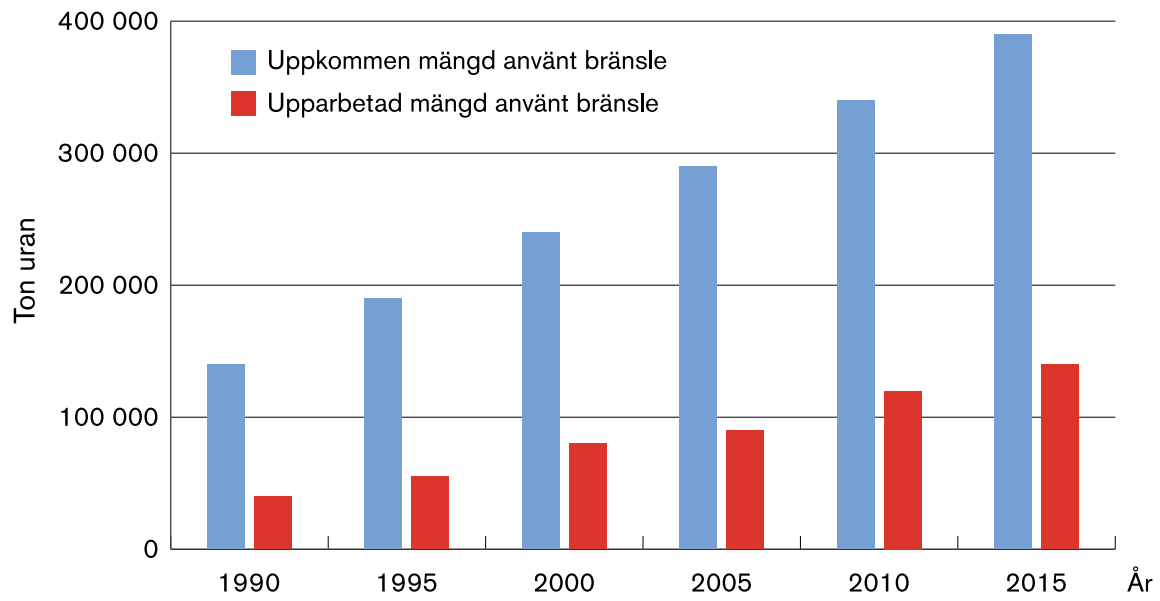


Figur 3-3. Uranprisets utveckling /16,17/.

För det andra innehåller det använda bränslet plutonium, som kan användas vid kärnvapentillverkning. En av huvudprodukterna vid upparbetning är just plutonium. Risken för att sprida kärnvapenteknologi har därför varit (och är fortfarande) ett tungt vägande skäl för att avstå från metoden. De militära tillämpningarna av kärnteknologin har gett upphov till stora lager av plutonium och man vill inte öka på dessa ytterligare genom att också skapa ett civilt plutoniumberg. Takten på den upparbetning som sker idag i Storbritannien och Frankrike bestäms därför av hur stor avsättningen för MOX-bränsle är.

För det tredje har många länder i Östeuropa blivit tveksamma till upparbetning. I alla före detta östländer som har kärnkraft, utom Rumänien, är reaktorerna sovjetbyggda. Bränslet köptes från Sovjetunionen och i kontrakten ingick upparbetning och slutförvaring. I och med Sovjetunionens sönderfall ändrades kraven. Priset för upparbetning sattes på en så hög nivå att många länder helt enkelt inte hade råd att betala, utan hellre valde att mellanlagra bränslet tills vidare. När nu allt fler östländer börjar närma sig EU blir situationen en annan. Ett villkor för medlemskap är att säkerheten vid kärnkraftverken höjs och att avfallet hanteras på ett genomtänkt sätt. Länder som Tjeckien, Slovakien och Ungern har därför inlett sökandet efter en lämplig plats för ett geologiskt djupförvar. Det var emellertid inte bara före detta öststater som förut utnyttjade de sovjetiska/ryska upparbetningsmöjligheterna. Även Finland skickade fram till mitten av 1990-talet det använda kärnbränslet från de sovjetbyggda reaktorerna i Lovisa till Majak för upparbetning.

Kontentan av utvecklingen inom upparbetningsområdet är att den relativa andelen av det använda bränsle som upparbetas kommer att sjunka, se figur 3-4. Detta trots den nya kapacitet som inom kort tillkommer i bland annat Japan. De länder som håller fast vid upparbetning gör det för att få större flexibilitet i kärnbränsleförsörjningen. Ambitionen är att i framtiden kunna utnyttja energiråvaran i nya avancerade reaktorsystem, se vidare kapitel 4. Upparbetning kan också bli intressant om andra energiråvaror av olika skäl inte kan utnyttjas.



Figur 3-4. Totalmängd använt bränsle i världen samt hur mycket som upparbetas av denna /7/.

4 Transmutation

Under det senaste årtiondet har alltmer intresse fokuserats kring transmutation. Med transmutation menas att långlivade radioaktiva ämnen kan omvandlas till kortlivade eller stabila genom att de beskjuts med neutroner, se figur 4-1. Tekniken befinner sig ännu på forskningsstadiet och det är inte förrän om flera decennier som den skulle kunna tillämpas i industriell skala.

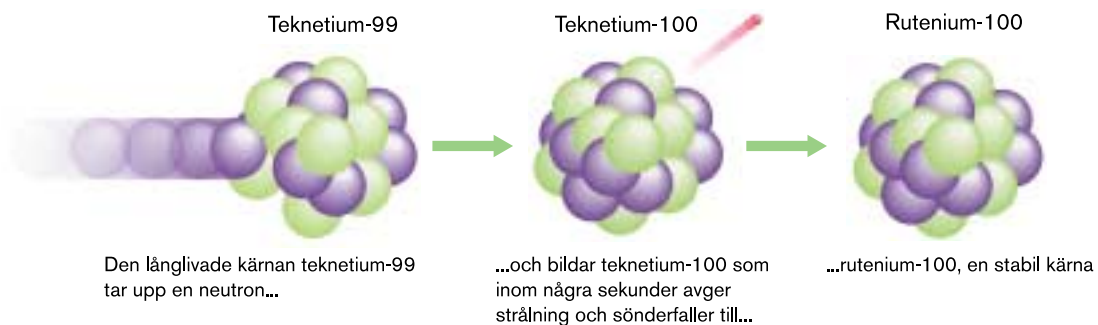
Transmutation används ofta som ett argument mot geologisk deponering. Det är bättre att vänta och se om denna teknik kanske kan användas än att deponera högaktivt avfall och använt bränsle, menar kritikerna av djupförvaring. Vad som ofta glöms bort i debatten är att transmutation kräver upparbetning. Ibland är det dessutom samma grupper i samhället som är emot upparbetning som samtidigt förespråkar transmutation.

Metoden kommer inte heller, som så ofta framställs, att vara någon slutgiltig lösning på avfallsfrågan. Det kommer alltid att finnas en viss mängd använt bränsle som av olika skäl inte kan bearbetas vidare, utan måste deponeras i ett geologiskt förvar, om än i mindre volymer. Och det kommer alltid att finnas en viss mängd högaktiva rester från transmutation som måste tas om hand på samma sätt.

4.1 Teknik

Återanvändning av plutonium som bränsle i vanliga kärnkraftverk är den form av transmutation som förekommer i industriell skala idag. Då används plutonium i form av så kallat MOX-bränsle (mix oxide fuel) i brytdreaktorer eller i lättvattenreaktorer.

Under 1980-talet utvecklades accelerortekniken så att man kan accelerera en stark ström av protoner till mycket höga hastigheter. Om protonerna skjuts mot ett tungt ämne, exempelvis bly, kan varje proton ge upphov till flera tiotal neutroner. Neutronerna matas sedan in i en speciell reaktor, som liknar en vanlig kärnreaktor. Varje tillförd neutron ger där i sin tur upphov till mellan 10 och 100 nya neutroner. På så sätt kan man, med en relativt liten mängd klyvbart material, få ett neutronflöde som är upp till 100 gånger större än i en lättvattenreaktor. Detta gör att transmutation av vissa långlivade ämnen blir möjlig även i stor skala.



Figur 4-1. Omvandling av teknetium-99 till rutenium-100.

Det finns flera hinder på vägen innan transmutation kan bli verklighet. Ett problem är att kemiskt kunna separera alla de långlivade ämnen man vill transmutera. För att lösa det behöver man utveckla ny uppberedningsteknik. Ett annat problem är att bygga och finansiera de komplicerade anläggningar som krävs.

4.2 Forskning

För att transmutation ska kunna fungera i industriell skala krävs stora insatser av både tid och pengar, något som bara stora länder eller EU orkar med. För närvarande finns det stora nationella forskningsprogram om transmutation i USA, Frankrike och Japan.

EU

EU:s forskningsprogram omfattar bara viss orienterande forskning och utveckling. På senare år har dock insatserna ökat när det gäller acceleratordrivna system. EU:s femte ramprogram /18/ avsätter cirka 26 miljoner euro till forskning om separation och transmutation under perioden 1998–2002. Flera europeiska länder, bland dem Sverige, Tyskland, Nederländerna och Spanien, deltar i begränsad utsträckning i de projekt som finansieras av programmet. Spanien har dock i sin senaste forskningsplan /19/ aviserat en ökad satsning på tekniken.

Frankrike

År 2006 ska Frankrike avgöra hur högaktiva avfallet ska hanteras. Landet har sedan 1991 en lag som kräver att det måste finnas minst två genomarbetade alternativ till geologisk slutförvaring. Med anledning av detta startade CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) det så kallade Spin-programmet /20/. Tyngdpunkten i det franska forskningsprogrammet har tidigare legat på transmutation i snabba brytareaktorer som Super-Phénix. Denna har emellertid stängts av tekniska och politiska skäl. Däremot hålls brytareaktorn Phénix fortfarande igång för transmutationsexperiment. Numera har även transmutation i acceleratordrivna system hög prioritet.

Japan

I det japanska Omega-projektet /21/, som påbörjades 1988, utvecklas ett kombinerat system där transmutation görs både i vattenkylda kommersiella reaktorer, metallkylda kommersiella reaktorer och acceleratordrivna reaktorer. En försöksanläggning planeras till år 2009.

Ryssland

I Ryssland pågår flera studier av transmutation /22/. Forskningen är inriktad både på snabba reaktorer och på acceleratordrivna system.

USA

I USA har en omfattande utveckling av acceleratortekniken skett under 1990-talet /23/. Ett betydande nationellt program för att studera acceleratordrivna system har nyligen beslutats. Till skillnad från de franska, japanska och ryska programmen är det amerikanska främst inriktat på att transmutera långlivade ämnen i det använda bränslet från landets nuvarande lättvattenreaktorer, inte på långsiktig energiutvinning.

4.3 Vad händer i framtiden?

Ett problem med den pågående forskningen om acceleratordrivna system är att de inblandade parterna inte är överens om syftet. Är det att förstöra de långlivade radioaktiva ämnena från kärnreaktorer, att förstöra överskottsmaterial från kärnvapenproduktion eller kanske att införa en helt ny kärnbränslecykel baserad på torium?

Om syftet i första hand är att transmuttera alla långlivade ämnen i det använda kärnbränslet krävs ett större tekniskt genombrott så att acceleratordrivna system kan utvecklas. Utan internationell samverkan och utveckling är detta knappast möjligt.

Mycket arbete återstår alltså innan transmutation kan användas i industriell skala. Vilken variant av transmutationstekniken som än blir den dominerande kommer det alltid att finnas kvar långlivade rester som måste tas om hand genom deponering i ett geologiskt förvar.

5 Geologisk deponering

I ett historiskt perspektiv kan vi konstatera att deponering i geologiska formationer står sig som det bästa alternativet att omhänderta använt kärnbränsle eller de högaktiva rester som bildas vid upparbetning. Det har till och med blivit en av de få miljöfrågor där den internationella enigheten är i det närmaste total. Enigheten är också så gott som fullständig om att varje land ska ta hand om sitt eget använda kärnbränsle respektive högaktiva avfall. I varje fall ska ingen nation tvingas ta hand om någon annan nations avfall.

Idén om geologisk deponering lanserades redan på 1950-talet. Den har överlevt alla andra mer eller mindre realistiska förslag som att till exempel skjuta ut bränslet i rymden, deponera det i världshavens djuphavsbottnar eller begrava det i inlandsisen. En anledning är att den är en etisk försvarbar lösning. Att låta våra efterkommande ärva avfallsproblemet är inte riktigt. En annan anledning är att geologisk deponering bygger på ett antal grundläggande säkerhetsprinciper och att den kan genomföras med anpassning av i dag tillgänglig teknik.

Forskningsprogrammen i de olika länderna har lämnat stadiet av allmän kunskapsuppbyggnad och metodutveckling. I stället pågår mer tillämpad forskning och utveckling. Underjordiska forskningslaboratorier har anlagts på en rad olika platser runt om i världen under de senaste årtiondena.

Men att finna en plats för ett geologiskt förvar för använt kärnbränsle eller högaktivt avfall har visat sig vara en lång och mödosam process som kantats av åtskilliga misslyckanden. Ändå går det sakta men säkert framåt. Det finns till exempel några platser utpekade som slutkandidater för geologiska förvar: Olkiluoto i Finland, Yucca Mountain i USA och Gorleben i Tyskland.

5.1 Principer för geologisk deponering

Idag finns inget praktiskt genomförbart sätt att oskadliggöra de långlivade radioaktiva ämnena i använt kärnbränsle och upparbetningsrester. Allt eftersom de radioaktiva ämnena sönderfaller minskar farligheten. För att minska risken att någon skadas – i dag eller i framtiden – måste vi inrikta oss på att isolera de radioaktiva ämnena så att de inte sprids till ekosystemens näringskedjor innan radioaktiviteten har avtagit till ofarliga nivåer.

Att deponera avfallet på stort djup i en geologisk formation är därför en naturlig lösning. Grundreceptet för konceptet är enkelt:

- Gör de radioaktiva ämnena orörliga. Det innebär att flytande avfall överförs till fast form. Det använda bränslet består av urandioxid, som är mycket svårslösligt under de förhållanden som råder i ett geologiskt förvar.
- Kapsla in den fasta fasen i ett korrosionsbeständigt material. Lämpliga material kan vara koppar, stål eller titan.
- Deponera behållarna i en stabil geologisk formation som har så liten vattenomsättning som möjligt.
- Förslut deponeringshål och tunnlar med buffert och återfyllning.

Bakom denna lösning ligger flera olika principer som diskuterats fram under många år i olika internationella fora. Till dessa hör ICPR:s strålningsprinciper, IAEA:s säkerhetsprinciper och flerbarriärprincipen.

ICRP:s strålskyddsprinciper

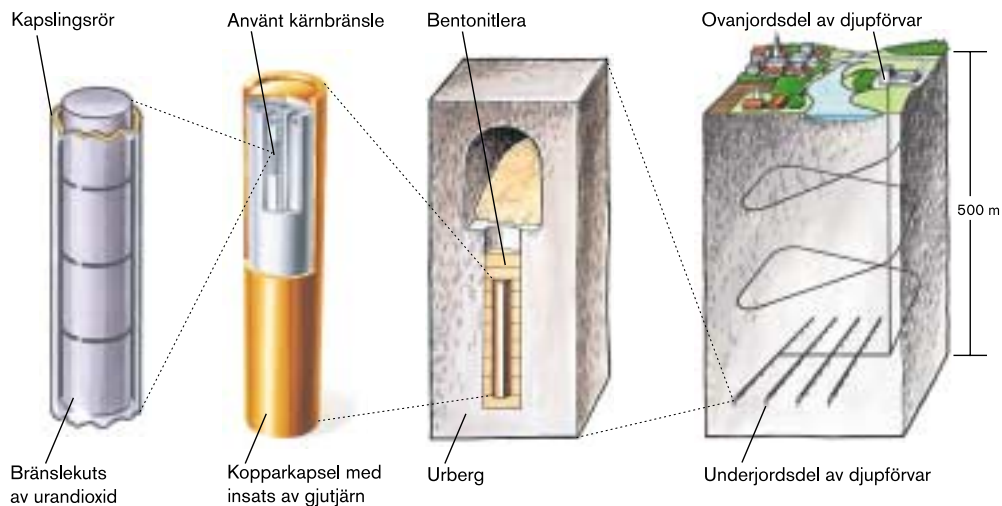
Internationella strålskyddskommissionen (ICRP) har angett tre grundläggande strålskyddsprinciper /24/ som är av central betydelse i strålskyddssammanhang. Dessa är:

- **Berättigande.** Ingen verksamhet ska införas förrän den visats innebära större fördelar än nackdelar sett ur samhällets synvinkel.
- **Optimering.** Alla stråldoser till människor, antalet exponerade människor samt sannolikheten att erhålla doser ska hållas så låga som rimligen är möjligt med hänsyn till ekonomiska, tekniska och samhälleliga faktorer. Detta refereras ofta till som ALARA-principen, där förkortningen ALARA står för As Low As Reasonably Achievable.
- **Dosbegränsning.** Den strålning enskilda människor utsätts för (dos) ska inte överskrida fastställda värden för de aktuella omständigheterna.

IAEA:s säkerhetsprinciper

FN:s atomenergiorgan IAEA har tagit fram en rad säkerhetsprinciper /25/ på vilka all hantering av radioaktivt avfall ska grundas:

- Radioaktivt avfall ska hanteras på ett sådant sätt att skyddet för människans hälsa håller en acceptabel nivå.
- Radioaktivt avfall ska hanteras på ett sådant sätt att skyddet för miljön håller en acceptabel nivå.
- Radioaktivt avfall ska hanteras på ett sådant sätt att hänsyn tas till effekter på hälsa och miljö utanför det egna landets gränser.
- Radioaktivt avfall ska hanteras på ett sådant sätt att framtida generationers hälsa inte ska påverkas mer än vad som anses acceptabelt idag.
- Radioaktivt avfall ska hanteras på ett sådant sätt att det inte ska belasta framtida generationer.
- Radioaktivt avfall ska regleras av de nationella lagarna. I dessa ska ansvaret tydligt definieras och tillsynsmyndigheternas mandat klargöras.
- Mängden radioaktivt avfall ska minimeras så långt som är praktiskt möjligt.
- Alla steg i hanteringen av det radioaktiva avfallet ska genomföras på ett sådant sätt att hela systemet optimeras.
- Säkerheten hos anläggningar för avfallshantering ska bibehållas under hela deras livslängd.



Figur 5-1. Ett system av tekniska och naturliga barriärer skyddar människa och miljö.

Flerbarriärprincipen

Ett geologisk djupförvar är uppbyggt enligt flerbarriärprincipen, se figur 5-1. Det innebär att ett system av tekniska och naturliga barriärer skyddar människa och miljö. De tekniska barriärerna består av kapseln och bufferten. Den naturliga barriären består av den geologiska formation som förvaret är byggt i. Barriärerna stöder och kompletterar varandra. Säkerheten i förvaret är fullt tillräcklig även om någon barriär är defekt eller inte fungerar som avsett.

5.2 Vilka geologiska formationer är tänkbara?

Ett djupförvar kan byggas i en rad olika geologiska formationer, till exempel lera, salt, granit eller vulkaniska bergarter. Valet har inte så mycket med säkerheten att göra. Det går att bygga säkra förvar i alla dessa formationer. I stället styrs det av vilka typer av berggrund som finns i ett land.

Lera

Flera länder undersöker möjligheten att bygga djupförvar i olika typer av lerformationer. Främst är det lerans förmåga att hålla kvar radioaktiva ämnen och hindra vatten från att tränga in som gör att den är lämplig att förvara använt kärnbränsle eller annat högaktivt avfall i. En annan egenskap som gör leran lämplig för ett djupförvar är att den är plastisk, dvs att den kan ta upp krafter från omgivningen.

Belgien har lera som förstahandsalternativ. 1980 började man bygga ett underjordiskt laboratorium i lerlagren i Mol i nordöstra delen av landet. Länder som Frankrike, Spanien och Schweiz har lera med på listan över lämpliga formationer, men har ännu inte fattat något beslut. Underjordiska laboratorier i lera finns även i Schweiz och håller på att byggas i lersten i Frankrike.



Figur 5-2. Den nedlagda saltgruvan i Asse i Tyskland har fungerat som underjordiskt laboratorium för forskning om förvaring av använt kärnbränsle i Tyskland.

Salt

Salt är precis som lera plastiskt och kan ta upp krafter från omgivningen. Bristen på grundvatten och sprickor i saltformationer gör att all transport av radioaktiva ämnen går mycket långsamt. Det tar väldigt lång tid för en radioaktiv jon att nå ytan och under tiden hinner mycket av radioaktiviteten att klinga av.

I USA invigdes i april år 2000 det första slutförvaret för långlivat avfall i världen. I den så kallade WIPP-anläggningen slutförvaras plutoniumkontaminerat avfall från kärnvapenprogrammet i en saltformation. I Tyskland är en saltdom i Gorleben utpekad som en tänkbar slutförvaringsplats för använt kärnbränsle och högaktiva rester från upparbetning. Där finns också ett underjordiskt laboratorium i en nedlagd saltgruva i Asse, se figur 5-2. Även Spanien har undersökt saltformationer.

Kristallint berg

Kristallina bergarter som granit och gnejs är också en bra omgivning för ett slutförvar. Särskilt om rörelserna i berget är sällsynta och små och omsättningen av vatten liten. Den största skillnaden jämfört med de förvar som byggs i lera eller salt är att här behövs en buffert av lera som kan ta upp de små rörelser i berget som trots allt sker.

Länder som Sverige, Kanada och Finland har redan bestämt sig för att bygga sina slutförvar i granit. Där finns helt enkelt inte några lämpliga salt- eller lerformationer. Både Sverige och Kanada har byggt egna underjordiska laboratorier i Äspö respektive Pinawa. Även Schweiz har ett berglaboratorium i granit i Grimsel, se figur 5-3.

I Frankrike pågår sökandet efter en lämplig granitformation att bygga ett underjordiskt laboratorium i.



Figur 5-3. Interiör från det schweiziska berglaboratoriet i granit i Grimsel.

Vulkaniska bergarter

USA väljer, förutsatt att säkerheten visar sig vara tillräcklig, att bygga sitt slutförvar till en formation av tuff i Yucca Mountain, Nevada, se figur 5-4. Tuff är en ungefär 13 miljoner år gammal vulkanisk bergart. Det som karakteriserar Yucca Mountain är att grundvattnet ligger djupare än den tänkta förvarsnivån. I Yucca Mountain finns en åtta kilometer lång tunnel som fungerar som berglaboratorium.

Även Japan har diskuterat tuff som en lämplig naturlig barriär för ett slutförvar.



Figur 5-4. USA:s kongress har utsett Yucca Mountain till slutförvaringsplats för använt kärnbränsle.

5.3 Hur finner man en plats för ett förvar?

Att välja plats för ett geologiskt förvar är inte lätt. Mycket måste stämma. Berggrunden ska bestå av rätt sorts geologisk formation. Det får inte finnas några brytvärda naturtillgångar. Grundvattnet får inte innehålla för mycket salt och vattenomsättningen får inte vara för stor. Sätten att välja plats varierar, men två huvudlinjer kan urskiljas:

- Sälla fram en slutlig platskandidat genom att först göra översiktsstudier för att kartlägga var lämpliga formationer finns och gör sedan platsundersökningar på flera olika ställen.
- Välj ut en plats och genomför där en detaljerade platsundersökning och en fullständig säkerhetsanalys.

I de flesta länder har lokaliseringen av ett djupförvar förr eller senare stött på problem eller åtminstone tillfälliga motgångar. Problemen och motgångarna har så gott som alltid sin grund i den allmänna opinionen. Nedan följer exempel på hur lokaliseringsprocessen går till i några olika länder.

Finland

Det finska kraftbolaget TVO, som äger kärnkraftverket i Olkiluoto, inledde geologiska förstudier redan 1980. Hela 102 tänkbara platser kunde då identifieras. Senare under 1980-talet valdes fem platser ut för preliminära platsundersökningar. 1993 kom mer omfattande platsundersökningar igång i tre kommuner (Euraåminne där Olkiluoto ligger, Romuvaara och Kivetty). När kärnkraftverket i Lovisa slutade skicka sitt använda bränsle till Ryssland och den gemensamma avfallsorganisationen Posiva bildades, kom även Lovisa kommun in i bilden.

Alla platserna ligger i granitformationer. De största skillnaderna rör grundvattnet. I Euraåminne och Lovisa är detta salt. Romuvaara och Kivetty ligger längre in i landet och har sött grundvatten.

De geologiska undersökningarna kompletterades med ett program för miljökonsekvensbeskrivningar /26/ och en säkerhetsanalys /27/. Båda dessa dokument lämnades in till regeringen 1998. Säkerhetsanalysen visade att alla de fyra platserna klarade säkerhetskraven.

I maj 1999 tecknade Posiva ett kontrakt med Euraåminne kommun i vilket man förband sig att bygga ett förvar i anslutning till kärnkraftverket i Olkiluoto, under förutsättning att regeringen och myndigheterna gav sitt tillstånd. Strax därefter lämnade Posiva in en ansökan med tillhörande miljökonsekvensbeskrivning för var och en av de fyra platserna, men pekade ut Olkiluoto som förstahandskandidat.

För att slutförvaret ska kunna börja byggas krävs ett principbeslut av regeringen. Förutsättningen för att ett sådant ska bli positivt är att både STUK och den aktuella kommunen tillstyrker. Riksdagen ska sedan godkänna regeringens beslut. Kommunfullmäktige i Euraåminne har sagt ja till slutförvaret. Samtidigt konstaterade STUK att det inte finns några säkerhetsmässiga hinder för regeringen att fatta principbeslutet.

Regeringens principbeslut skulle enligt planerna fattas någon gång under år 2000, men har blivit fördröjt eftersom en person i Euraåminne kommun har överklagat det kommunala beslutet. Högsta Förvaltningsdomstolen konstaterade i november 2000 att det inte finns några juridisk grund för överklagandet. Principbeslutet väntas nu våren 2001.

Det första skedet i detaljundersökningarna blir att bygga ett schakt ner till cirka 500 meters djup. Detta görs för att ytterligare bekräfta de uppgifter som kommit fram vid platsundersökningarna. Arbetena tar mellan tre och fyra år i anspråk och Posiva kommer enligt planerna att inleda dessa år 2003. Själva deponeringen kan påbörjas år 2020.

Frankrike

Andra, den franska organisation som har till uppgift att forska om slutförvaring av de högaktiva resterna från upparbetningen och även annat radioaktivt avfall, började redan på 1980-talet med geologiska översiktsstudier. 1983 avslutades en inventering som pekade ut 30 möjliga områden i olika geologiska formationer. Fyra platser valdes ut bland de 30 och undersökningar påbörjades. Allmänhetens protester blev emellertid så starka att verksamheten avbröts och lagen ändrades.

En ny lagstiftning, som trädde i kraft 1991, poängterade att fortsatta insatser skulle baseras på frivillighet. Så skedde också. Preliminära undersökningar med provborrningar har nu gjorts i tre områden: Haute-Marne (lersten), Gard i Marcoule (lera) och Vienne (granit täckt av sediment). Samtidigt fördes förhandlingar med departementen (den franska motsvarigheten till de svenska länen) om vilka som på frivillig väg kunde tänka sig att hysa underjordiska laboratorier.

I juni 1999 fick Andra tillstånd av regeringen att etablera ett berglaboratorium i Haute-Marne. Laboratoriet ska byggas på 490 meters djup i en 130 meter tjock lerstensformation. Med etableringen av berglaboratoriet följer ett lokalt utvecklingsstöd från staten om 60 miljoner franc (cirka 80 miljoner kronor) per år.

Däremot vill regeringen få fram en ny plats som är belägen i granit. Geologin och hydrologin i Vienne ansågs vara alltför komplicerad. Andra fortsätter därför arbetet med att finna ytterligare en lämplig plats för ett underjordiskt laboratorium/28, 29/.

USA

Arbetet med att välja ut en lämplig plats har pågått under många år. Redan 1957 föreslog den amerikanska vetenskapsakademien att radioaktivt avfall skulle slutförvaras i geologiska formationer. Från början var endast salt aktuellt, men så småningom inkluderades även andra typer av formationer. Nio platser i sex olika delstater studerades. Kriteriet denna gång var att marken ägdes av staten och att det redan fanns radioaktivt avfall lagrat där. På tre av dessa fortsatte mer ingående studier: Hanford (Washington), Deaf Smith County (Texas) och Yucca Mountain (Nevada).

1987 gav kongressen det amerikanska energidepartementet USDOE order om att endast studera Yucca Mountain i Nevada. Ett underjordiskt berglaboratorium började byggas där 1993. Laboratoriet består av en åtta kilometer lång tunnel. Förgreningar från denna kommer att byggas i ett senare steg.

1998 blev den första studien om Yucca Mountain klar /30/. I den presenterades kända fakta, ett förslag till preliminär design av ett förvar och en redogörelse för vilka frågor som återstod att behandla. Regeringens slutsats blev att USDOE måste fortsätta sina studier och avgöra om platsen är lämplig för ett slutförvar. Om så skulle vara fallet kommer USDOE år 2001 att rekommendera att ett slutförvar byggs där. En tillståndsansökan kommer att lämnas in till prövningsmyndigheten NRC (Nuclear Regulatory Commission) påföljande år tillsammans med en slutlig miljökonsekvensbeskrivning. Enligt de nuvarande långsiktiga planer som finns skulle förvaret kunna tas i drift tidigast år 2010.

Storbritannien

Sökandet efter en plats att deponera det högaktiva avfallet på började i slutet av 1970-talet. I Skottland och senare i Oxfordshire borrades ett antal borrhål för att undersöka olika slags berggrund. Forskningsprogrammet avbröts emellertid 1989 på grund av protester från lokalbefolkningen.

Följande år meddelade den brittiska regeringen att i och med att mellanlagringen av de högaktiva resterna från upparbetningen ska pågå så länge som 50 år finns det ännu inte någon anledning att börja leta efter en lämplig plats för ett slutförvar.

Nirex, den brittiska organisation som ansvarar för låg- och medelaktivt avfall, har koncentrerat sina undersökningar för att finna en plats för ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall till Sellafield. Efter ett misslyckat försök att få tillstånd att anlägga ett underjordiskt berglaboratorium där tillsatte det brittiska överhuset en kommitté. Uppgiften var att granska hanteringen av använt kärnbränsle och att komma med rekommendationer om hur en platsvalsprocess för ett slutförvar ska bedrivas samt om hur ansvarsfördelningen inom avfallshanteringen borde organiseras för att fungera bra.

Kommittén lämnade sin rapport i mars 1999 /31/. De huvudsakliga slutsatserna var att den politik som hittills har förts är splittrad. En omorganisation krävs, anser ledamöterna. Det är ingen idé att försöka bygga ett slutförvar om det inte finns en samsyn i samhället att ett sådant behövs och var det ska ligga. En ny organisation med uppgift att finna en brett accepterad lösning bör inrättas. Det är också viktigt att ha en tydlig utförarorganisation.

Tyskland

Sedan tidigt 1960-tal har den tyska policyn varit att alla typer av radioaktivt avfall ska slutförvaras djupt under markytan. Samtidigt började översiktsstudier för att hitta lämpliga geologiska formationer.

Intresset inriktades tidigt mot salt. Forsknings- och utvecklingsinsatser om slutförvaring i saltformationer har bland annat genomförts i en nedlagd gruva i Asse. En viktig aspekt i detta arbete har varit att undersöka hur salt beter sig när det värms upp.

1977 utsåg delstatsregeringen i Niedersachsen saltdomen i Gorleben till plats för ett slutförvar. Två år senare började de geologiska undersökningarna för att kartlägga domens inre struktur och se vilka områden som är tänkbara för ett djupförvar.

I mitten av 1980-talet byggdes två schakt ner till nästan 900 meters nivå. Schakten förbands med en undersökningstunnel för geologiska experiment på 840 meters djup. Själva förvaret skulle byggas på 880 meters djup.

Hela den geologiska karteringen av Gorleben skulle vara klar år 2003. Denna skulle sedan följas av ett uttalande om domen var en lämplig plats för ett förvar och en säkerhetsanalys. Men en överenskommelse mellan fyra av kraftbolagen och regeringen /6/ innebär att programmet försenas. Undersökningarna i Gorleben avbryts och skjuts upp i mellan tre och tio år. Vissa obesvarade frågor när det gäller framtida planering och långsiktig säkerhet måste enligt överenskommelsen först klarläggas.

Spanien

Spanien tänker direktdeponera sitt använda kärnbränsle och de högaktiva resterna från den upparbetning som tidigare skedde i någon geologisk formation. Granit, lera och salt är tänkbara alternativ. De allmänna tankegångarna har varit att behållarna med bränsle eller högaktivt avfall skulle placeras på 850 meters djup i en saltformation eller på omkring 500 meters djup i granit. I de senare fallen skulle behållarna också packas in i ett lager av svällande bentonitlera. Arbetet pågår med en utformning av ett förvar i lera.

Ett program för att finna en lämplig plats startade 1986 med sikte på att ta ett förvar i drift runt 2025. Lokaliseringsprogrammet delades in i följande steg:

- Översiktsstudier för att ta fram områden med bra berggrund (salt, granit, lera).
- Förstudier för att utse regioner för alla tre formationerna.
- 30 områden valdes ut för vidare studier. Alla tre formationerna är med och undersökningarna ska omfatta minst ett borrhål på varje ställe.
- Detaljundersökningar på den bästa platsen. Ett underjordiskt laboratorium ska dessutom byggas på den bästa platsen.

Men 1996 meddelade den spanska genomförarorganisationen Enresa att tidpunkten för när förvaret ska tas i drift har skjutits upp på obestämd tid. Enresas senaste allmänna plan /19/ skjuter upp allt lokaliseringsarbete till efter 2010.

Detta har fått återverkningar på Enresas forsknings- och utvecklingsarbete. Den senaste planen innehåller alla de områden som har diskuterats internationellt på senare tid. Värt att notera är att speciella satsningar ska göras på såväl upparbetning och transmutation som direktdeponering. I tidigare planer har bara det senare alternativet diskuterats. År 2010 ska det finnas tillräckligt med underlag framme för att regeringen ska kunna fatta ett beslut. Med denna nya tidsplan kan inte ett geologiskt förvar tas i drift förrän tidigast någon gång mellan 2035 och 2040.

Kanada

Arbetet med att finna en metod och en plats för slutförvaring har pågått i ett par årtionden. Liksom i Sverige diskuterar kanadensarna i första hand geologisk slutförvaring i granit någonstans på den kanadensiska skölden.

Den kanadensiska metoden bygger, liksom den svenska, på ett system av flera barriärer som ska hindra de radioaktiva ämnena från att sprida sig. Förvarskonceptet bygger på att det använda kärnbränslet ska kapslas in i koppar och bäddas in i bentonit på ungefär 500 meters djup i berggrunden. Innan anläggningen försluts ska den övervakas ett antal år så att man ser att det fungerar som det är tänkt. Ytterligare övervakning av det förslutna förvaret kommer sedan att ske under många årtionden.

I Pinawa i Manitoba finns ett underjordiskt forskningslaboratorium. Anläggningen består av ett vertikalt schakt ner till 445 meters djup med försökstunnlar på 240 och 420 meters djup.

1989 tillsatte den kanadensiska regeringen en oberoende panel, Canadian Environmental Assessment Agency Panel, med uppgift att granska hela förvarskonceptet. Panelen arbetade i nästan tio år med sin uppgift och genomförde bland annat offentliga utfrågningar på en rad platser i landet. Slutrapporten /32/ kom 1998. I denna konstaterar panelen att konceptet håller rent tekniskt, men att det inte finns något folkligt stöd för att genomföra projektet. Panelen rekommenderar regeringen att inrätta en ny oberoende myndighet och att förändra lokaliseringsprocessen så att den tar mer hänsyn till den allmänna opinionen.

Regeringens svar på panelens rapport /33/ kom i slutet av 1998 och innehöll bland annat följande punkter:

- Ansvar för slutförvaringen och finansieringen av hanteringen av det använda kärnbränslet ska ligga hos producenterna. Kraftbolagen bör därför bilda ett separat bolag som ska ha hand om alla aspekter som rör slutförvaring av radioaktivt avfall.
- Kraftbolagen bör inrätta en särskild fond för att klara finansieringen.

5.4 Ett internationellt förvar?

Några små länder, som Litauen, Belgien och framför allt Schweiz, driver med jämna mellanrum frågan om att anlägga internationella förvar. Det finns också ett privat initiativ till ett sådant förvar, Pangea. Tanken bygger självfallet på frivilligt samarbete. Något tvång om att ta emot andra länders avfall kan det aldrig bli tal om.

Idéerna om internationella förvar har emellertid mötts med ganska återhållen entusiasm i de flesta länder. I Sverige finns till exempel inget intresse av en sådan lösning. Export och import av miljöfarligt avfall i allmänhet och högaktivt radioaktivt avfall i synnerhet är en politiskt mycket känslig fråga i de flesta länder. Dessutom finns farhågor att idén skulle kunna bli kontraproduktiv för de nationella programmen.

Motiv för ett internationellt förvar

De länder som stödjer tanken om ett internationellt förvar har i regel själva små avfallsmängder. Genom att slå ihop både kunskapsresurser och ekonomiska resurser med någon eller några likasinnade nationer skulle de gemensamma resurserna kunna utnyttjas bättre.

Ett internationellt förvar kan också vara en möjlighet för ett land som saknar egna lämpliga geologiska formationer för att lösa sitt avfallsproblem på ett säkert sätt.

Pangea – det privata alternativet

Pangea är ett USA-registrerat bolag där aktierna ägs av BNFL (British Nuclear Fuel Limited) och konsultfirman Golder Associates. Företagets idé är att anlägga ett internationellt geologiskt slutförvar för bland annat högaktivt avfall och använt kärnbränsle /34/.

Pangea vill lägga förvaret i ett område där berggrunden kännetecknas av geologisk stabilitet, små höjdskillnader, torrt klimat och salt orörligt grundvatten. Sådana områden finns i Australien, Argentina, Sydafrika och Kina. Av dessa har bolaget västra Australien som sitt förstahandsalternativ. Motivet är bland annat att Australien är ett politiskt stabilt land med god infrastruktur.

Australien har dock tydligt markerat att man inte har för avsikt att etablera ett internationellt förvar på australiensiskt territorium.

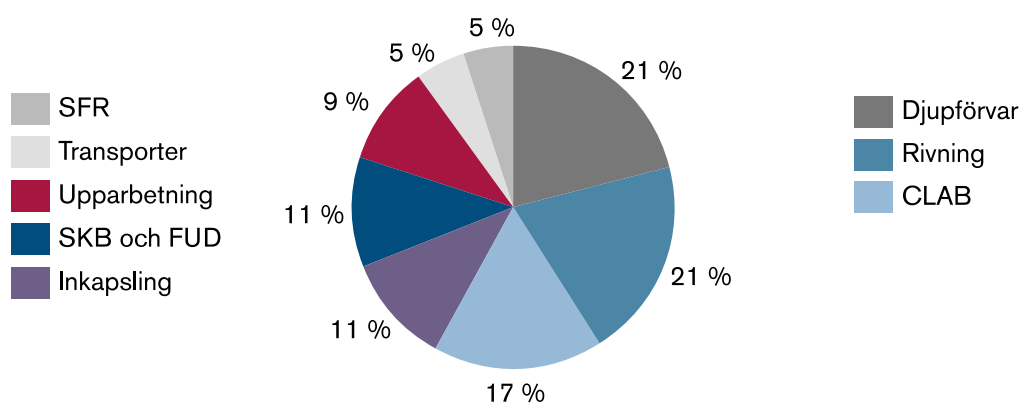
6 Finansiering

Polluter Pays Principle (PPP) är principen om att den som ger upphov till en förorening eller till ett avfall ska betala för de kostnader som uppkommer för att motverka föroreningen eller ta hand om avfallet /35/. Avsikten är att kostnaderna för att skydda miljön ska återspegla sig i priset på varor och tjänster. PPP gäller oavsett om miljöskadorna inträffar i det egna landet eller någon annanstans. Principen har blivit en hörnsten inom den moderna miljöpolitiken och ska också tillämpas på finansieringen av omhändertagandet av det radioaktivt avfallet.

Begreppet PPP myntades ursprungligen av OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) 1972 och antogs i en förklaring inom EG året därpå. Bakgrunden till att både OECD och EG tog upp frågan är i första hand att man vill förhindra nationella regeringar från att subventionera den egna industrins miljökostnader.

6.1 Hur fördelar sig kostnaderna?

Kostnaden för hanteringen av avfallet från kärnkraften uppgår till mellan fem och tio procent av den totala produktionskostnaden. Kostnadsbilden i de flesta länder domineras av inkapsling och deponering, oberoende av om det rör sig om högaktivt förglasat avfall eller om använt kärnbränsle /36/. Figur 6-1 visar kostnadsfördelningen i Sverige /37/. Observera att det här rör sig om kostnaderna för att ta hand om både använt kärnbränsle och andra typer av radioaktivt avfall.



Figur 6-1. Totalkostnaderna för hanteringen av det svenska kärnavfallet i dagens penningvärde /37/.

6.2 Hur sker finansieringen?

I allmänhet täcks kostnaderna för mellanlagring och slutförvaring av radioaktivt avfall av en avgift som inkluderas i elpriset eller en avgift som tas ut på all såld el. Förvaltningen av pengarna varierar från land till land.

Sverige, Finland, Spanien och USA är exempel på länder som har oberoende fonder. I stater som Kanada, Frankrike, Schweiz och Tyskland finns inga sådana. I de flesta länder betalar avfallsproducenterna för forskning och utveckling. Tabell 6-1 ger en översikt över finansieringen i några olika länder /38/.

Tabell 6-1. Finansiering av avfallshanteringen i några olika länder

Belgien	De stora producenterna har själva rätt att behandla, konditionera och lagra sitt avfall. Avfallsproducenterna bygger upp fonder för att täcka förväntade avgifter från den ansvariga organisationen Ondraf/Niras.
Finland	Kraftbolagen TVO och Fortum har ansvaret för det avfall som de själva producerar. En statligt kontrollerad fond har inrättats. Den ska täcka alla kostnader för slutförvaring och byggs upp årsvis med utgångspunkt från det uppskattade behovet.
Frankrike	Andra, den franska ansvariga organisationen, tar över ägandet och skyldigheter från andra producenter som betalar en avgift för att täcka kostnaderna. Förfarandet formaliseras genom kontrakt mellan Andra och producenterna.
Nederländerna	Den nederländska ansvariga organisationen Covra tar emot avfall från producenterna mot en avgift som täcker alla direkta kostnader för transport, konditionering och lagring, samt avsättningar för framtida lagring och omhändertagande.
Schweiz	Finansieringen av avfallshanteringen baseras på elproduktionen och avgifter tas ut direkt av elproducenterna.
Spanien	Den spanska genomförarorganisationen Enresa tar emot avfall från stora producenter mot en avgift. Avgiften utgörs av en viss procent av de totala intäkterna från försäljningen av elektricitet. Avgiften revideras årligen och ska täcka kostnaderna för allt avfall som produceras av respektive anläggning, inklusive avfall från rivning.
Storbritannien	Varje producent lagrar sitt högaktiva avfall. Mellanlagringen ska pågå i minst 50 år och ännu finns ingen finansiering ordnad för slutförvaringen.
Tyskland	Producenterna har ansvar för sitt radioaktiva avfall innan det tas emot av den ansvariga organisationen BfS för slutförvaring. Slutförvaringen finansieras med en avgift. Alla stora producenter bygger upp interna fonder för att täcka kostnaderna.
USA	Avfallsproducenterna är enligt lag skyldiga att finansiera omhändertagandet av det använda kärnbränslet. En avgift tas ut på varje producerad kilowattimme. Pengarna sätts sedan in i den statligt kontrollerade kärnavfallsfonden.

7 Nationella organisationer

De första nationella programmen för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och högaktiva rester från upparbetning började formas i västvärlden för ungefär 25 år sedan. Strukturen varierar. Några drivs direkt av regeringen. Så är fallet i exempelvis USA och Tyskland. Andra drivs av organisationer som sorterar under kraftproducenterna. Svenska SKB och finska Posiva är exempel på sådana.

Kanada, Japan, Storbritannien, Korea, Taiwan, Slovakien och Ungern är några länder som håller på att förändra eller ganska nyligen har förändrat sina avfallsorganisationer.

I tabell 7-1 finns en översikt av avfallsorganisationerna i några olika länder /38, 39/.

Tabell 7-1 Avfallsorganisationer i några olika länder

Land	Organisation	Ansvarsområde
Belgien	Ondraf/Niras (oberoende producent- finansierad organisation).	Alla aspekter.
Finland	Posiva (producentägd).	Slutförvaring av använt kärnbränsle.
Frankrike	Andra (statligt företag).	Slutförvaring av olika typer av radioaktivt avfall.
Kanada	Gemensam producentägd organisation ska bildas.	Alla aspekter.
Nederländerna	Covra (producentägd)	Långtidslagring
Ryssland	Minatom (statlig)	Alla aspekter.
Spanien	Enresa (statligt företag)	Alla aspekter.
Storbritannien	Regeringen	Slutförvaring av använt kärnbränsle.
Tyskland	BfS (statlig)	BfS är ansvarig för huvuddelen av verksamheterna knutna till slutförvaring, men DBE kan agera på egen hand när det gäller att konstruera, bygga och driva deponeringsanläggningar. Producenterna lagrar avfallet.
USA	USDOE/OCRWM (statlig)	US DOE (US Department of Energy) har till uppgift att driva frågan om geologisk deponering och bygga ett förvar. Även bränsletransporterna till förvaret faller inom USDOE:s ansvarsområde. OCRWM är den del av USDOE som har till uppgift att rent praktiskt planera, konstruera och driva ett system för deponering av använt bränsle.

8 Internationella organisationer

Den tid är förbi då enskilda länder kunde lösa sina miljöproblem på egen hand. Allt fler föroreningar är gränsöverskridande. Inom det kärntekniska området finns en rad internationella organisationer och expertgrupper som arbetar för att alla anläggningar i alla länder ska drivas på ett säkert sätt. Nedan presenteras IAEA, NEA, EU och ICRP.

8.1 IAEA

IAEA (International Atomic Energy Agency) är FN:s internationella atomenergiorgan. Organisationen har till huvuduppgift att etablera riktlinjer och standarder för strålskydd och säkerhet samt att vara kontrollorgan för icke-spridningsavtalet för kärnvapen.

Sedan 1988 har IAEA utarbetat en särskild serie säkerhetsdokument som omfattar hantering av radioaktivt avfall. Inom det så kallade Radwassprogrammet (Radioactive Waste Safety Standards) formuleras rekommendationer till standarder och kriterier för hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall. Ett huvuddokument bland dessa är *The Principles of Radioactive Waste Management* från 1995 /25/. Det bildar grunden för 1997 års konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall, se kapitel 9.2.1.

Organisationen arbetar också för kunskaps- och teknologiöverföring mellan olika länder. Till exempel publiceras regelbundet teknisk dokumentation från olika internationella expertgrupper. IAEA anordnar också granskningar av olika länders avfallsprogram.

8.2 OECD/NEA

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) har en atombyrå NEA (Nuclear Energy Agency). NEA:s uppgift är att stödja medlemsstaterna när det gäller hanteringen av radioaktivt avfall i allmänhet och när det gäller att utveckla strategier för hanteringen av använt bränsle, långlivat avfall och rivningsavfall i synnerhet. En stor del av NEA:s arbete går åt till kunskapssammanställningar om kärnavfallens inverkan på hälsa och miljö.

Ett annat område som NEA är djupt involverat i är metodikutveckling för säkerhetsanalyser. Organisationen har också genomfört granskningar av säkerhetsanalyser som gjorts på nationell nivå. Bland annat har SKB:s säkerhetsanalys SR 97 granskats /40/ och USA:s analys av säkerheten i WIPP, slutförvaret för det långlivade militära avfallet /41/.

Nyligen har organisationen också börjat intressera sig för samhällsaspekterna av kärnavfallsfrågan och bildat ett så kallat *Forum for Stakeholders Confidence*.

8.3 EU

EU har länge varit aktivt när det gäller hanteringen av radioaktivt avfall. Den första aktionsplanen för radioaktivt avfall fastställdes redan 1980. Planen föreskriver bland annat att den tekniska utvecklingen ska analyseras regelbundet.

Det femte ramprogrammet för forskning om radioaktivt avfall /18/ infaller under perioden 1998–2002. Tabell 8-1 ger en sammanställning av hur insatserna inom avfallsområdet fördelat sig sedan 1989.

Av de avsatta medlen i det femte ramprogrammet har hittills omkring 60 procent lagts ut på olika projekt. Ambitionen är att tyngdpunkten ska förskjutas jämfört med tidigare program från grundläggande forskning till demonstration och frågor om acceptans och medborgerligt inflytande. Bland projekten finns flera som rör underjordiska laboratorier.

Tabell 8-1. EU:s ramprogram för forskning om avfall (miljarder euro)

Program	1989–1994	1994–1998	1998–2002
Avfallshantering	71,7	32,5	31
Separation och transmutation	4,8	5,8	26
Rivning	39,6	3,7	2

8.4 ICRP

ICRP (International Commission on Radiological Protection) är en fristående sammanlutning av internationella experter inom medicin och teknik /42/. Organisationen stöds ekonomiskt av såväl ett antal andra internationella organisationer som enskilda stater. Uppgiften är att utfärda rekommendationer för strålskydd. ICRP:s rekommendationer utgör ofta grunden för de mera detaljerade regelverk som utfärdas av exempelvis IAEA och enskilda stater. Två viktiga publikationer när det gäller radioaktivt avfall är *Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste* /43/ och *Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste* /44/.

9 Internationell rätt

Varje land har sina egna lagar och i princip också suveränitet över sitt eget territorium. Reglerna för hur staterna får förfara utanför sina egna territorier hör till folkrätten, eller den internationella rätten som rättsområdet också kallas.

Olyckan i Tjernobyl 1986 avslöjade flera brister i det internationella samarbetet och den internationella miljörätten när det gäller kärntekniska verksamheter. Dels saknades internationella skyddsnormer för anläggningarna, dels normer för hur staterna ska agera i händelse av en olycka. Perioden efter Tjernobyl har därför präglats av ett intensivt arbete att rätta till dessa brister.

Förutom de konventioner som är direkt inriktade mot kärnteknisk verksamhet finns det även andra internationella avtal inom miljöområdet som är tillämpliga för kärnteknisk verksamhet.

9.1 Vad är en konvention?

Den internationella rätten är delvis nedskrivna i form av konventioner, traktater, det vill säga överenskommelser mellan en eller flera länder. Något internationellt lagstiftande organ finns inte. FN:s generalförsamling, vars syfte delvis är att motsvara en lagstiftande församling, kan inte besluta om rättsregler eller andra konventioner mot enskilda staters vilja.

Det finns en tydlig skillnad mellan konventioner och de nationella lagar som finns i ett land. Konventionerna är enbart bindande för de länder som har undertecknat och ratificerat konventionen. De nationella lagarna gäller däremot alla som bor i landet, oavsett om den enskilde individen sympatiserar med lagen eller inte. Att ratificera en konvention innebär att den behandlas internt inom respektive stat efter undertecknandet. I Sverige måste först riksdagen godkänna konventionen innan regeringen kan ratificera den.

Men det räcker inte med att ett land har ratificerat en konvention för att den ska gälla. Det fordras också att konventionen trätt i kraft. Detta sker när ett på förhand bestämt antal länder har ratificerat den.

9.2 Konventioner om använt bränsle och högaktivt avfall

Det finns en rad internationella konventioner som på ett eller annat sätt berör hanteringen av använt kärnbränsle. På följande sidor finns en översikt av de viktigaste av dem.

1997 års konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall

1997 års konvention om säkerheten vid hantering av använt kärnbränsle och om säkerheten vid hantering av radioaktivt avfall är grunden för hantering av använt kärnbränsle från civila reaktorer /45/. Den antogs 1997, men har inte trätt i kraft ännu eftersom inte tillräckligt många stater har ratificerat den. Fördraget baserar sig på IAEA:s principer om hantering av radioaktivt avfall och de grundläggande säkerhetsstandarderna från samma organisation.

Målen med konventionen är att:

- uppnå och upprätthålla en hög säkerhetsstandard över hela världen,
- försäkra sig om att skyddet för människa och miljö är tillräckligt under alla stadier av hanteringen av det använda kärnbränslet,
- förebygga och mildra konsekvensen av olyckor.

Konventionen ställer krav på:

- allmän säkerhet,
- lokalisering,
- utformning och byggande av anläggningar,
- driftkontroll,
- prövnings- och tillsynsmyndigheter,
- rivning,
- transporter mellan olika länder.

Fördraget om icke-spridning av kärnvapen

Målet med fördraget /46/ är att förhindra spridningen av kärnvapen och kärnvapentechnologin. Fördraget drar upp riktlinjerna för ett kontrollsystem (safeguards) som IAEA har ansvar för.

1960 års Pariskonvention med tilläggskonvention om skadeståndsansvar på atomenergins område

Konventionen reglerar verksamhetsutövarens skadeståndsskyldighet i händelse av en olycka vid en kärnteknisk anläggning /47, 48/. Utövaren har strikt ansvar, men med begränsat maximibelopp.

1971 års konvention om skadeståndsansvar vid sjötransport av atomsubstans

Konventionen utarbetades för att undvika oklarhet om vem som är ansvarig för de skador som kan uppkomma vid sjötransporter /49/. Det är utövaren av den kärntekniska verksamheten som är ansvarig även för sjötransporterna, vilket gör det möjligt för rederier att åta sig frakttuppsdrag utan att behöva ansvara för eventuella skador.

1986 års konvention om tidig information vid en kärnenergiolycka

Sex månader efter olyckan i Tjernobyl undertecknades genom IAEA:s försorg 1986 års konvention om tidig information vid en kärnenergiolycka /50/. Konventionen gäller olika typer av kärntekniska anläggningar, bland annat anläggningar för omhändertagande och lagring av radioaktivt avfall. Om en kärnenergiolycka inträffar är parterna skyldiga att omedelbart underrätta och lämna relevant information till de stater som kan komma att beröras.

1986 års konvention om bistånd i händelse av kärnenergiolycka eller ett radiologiskt nödläge

Även denna konvention kom till med anledning av olyckan i Tjernobyl. Den part som behöver hjälp på grund av en kärnenergiolycka eller radiologiskt nödläge kan vända sig till någon av de övriga parterna, oavsett om själva olyckan skett inom dess territorium eller inte /51/.

1994 års konvention om kärnsäkerhet

Konventionen trädde i kraft 1996 och ålägger parterna att vidta skyddsåtgärder och utforma lagstiftning för kärntekniska anläggningar /52/. Den anger däremot inte hur åtgärderna eller lagstiftningen ska utformas.

OSPAR-konventionen

1992 års OSPAR-konvention /53/ berör miljön i Nordostatlanten, inklusive Nordsjön, Skagerak och Kattegatt. Arbetet bedrivs i två kommittéer (åtgärdskommittén och övervakningskommittén). Under senare år har betydande insatser gjorts för att utarbeta branschvisa åtgärdsprogram för att minska utsläppen och utveckla övervakningen av den marina miljön. Det finns en speciell arbetsgrupp för radioaktiva ämnen.

Antarktiskfördraget

På Antarktis gäller inte någon annan stats lag. Detta har Antarktis gemensamt med andra områden som det fria havet, den yttre atmosfären, rymden och månen. Antarktiskfördraget trädde i kraft 1961 /54/. Det är det grundläggande dokumentet för hur Antarktis får utnyttjas. Fördraget förbjuder bland annat deponering av radioaktivt avfall.

Globala dumpningskonventionen

Den globala dumpningskonventionen, eller Londonkonventionen som den också kallas, förbjuder dumpning av radioaktivt avfall i haven /55/. Konventionen gällde först bara vissa typer av radioaktivt avfall, men omfattar från en med 1994 alla typer av sådant avfall. Deponering av använt bränsle i djuphavssediment faller under denna konvention och är därför inte tillåtet.

Esbo-konventionen

Konventionen föreskriver att en miljökonsekvensbeskrivning ska genomföras för vissa uppräknade verksamheter, om de kan antas medföra betydande skadlig gränsöverskridande verkan /56/. Bland dessa återfinns kärntekniska verksamheter. Esbokonventionen ställer också upp detaljerade minimikrav för vad en miljökonsekvensbeskrivning ska innehålla.

Århus-konventionen

Konventionen om tillgång till information, allmänhetens deltagande vid beslutsfattande och rätt till prövning i frågor som avser miljön (Århuskonventionen) har till syfte att underlätta för allmänheten att få tillgång till information och delta i beslutsprocessen när det gäller miljöfrågor /57/. Den innehåller en lista över alla verksamheter som bestämmelserna ska tillämpas på. Till dessa hör olika former av kärnteknisk verksamhet.

Referenser

- /1/ **SKB**
FUD-program 98
Kärnavfallens behandling och slutförvaring – Program för forskning samt utveckling och demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- /2/ **SKI**
SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 98 – Sammanfattning och slutsatser
Statens Kärnkraftinspektion, SKI Rapport 99:15, 1999
- /3/ **Uranium Institute**
Nuclear Power – Reactor Characteristics
UI Pocket Guide
Uranium Institute, London 2000
- /4/ **Uranium Institute**
Latest nuclear share figures
www.uilondon.org/uilondon/coreissues/stats/nshare.htm
- /5/ **Uranium Institute**
Reactor status and net power worldwide
www.uilondon.org/uilondon/coreissues/stats/reastats.htm
- /6/ **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**
Agreement between the Federal Government of Germany and the utility companies dated 14 June 2000
www.bmu.de/english/news/agreement_nuclearenergy.htm
- /7/ **Abel J González**
The safety of radioactive waste management – Achieving internationally acceptable solutions
IAEA Bulletin 42/3/2000
International Atomic Energy Agency, Wien 2000
- /8/ **SKB**
Vad händer om det inte byggs något djupförvar? Nollalternativet – förlängd mellanlagring i CLAB
R-00-31, Svensk Kärnbränslehantering AB, 2000
- /9/ **J Kalimbadjian & X Rincel**
Discharges and impacts from the La Hague plant – History and recent achievements
Proceedings from The Fifth International Conference on Recycling, Conditioning and Disposal – RECOD 98, Nice 1998
- /10/ **Chris Phillips & Andrew Milliken**
Reprocessing as a waste management and fuel cycle recycling option – Experience at Sellafield in the UK
Proceedings from the Waste Management '00 Conference, Tucson 2000

- /11/ **Judith Perera**
The nuclear industry in the former Soviet Union, vol 1–2
Financial Times Energy Publishing, London 1997
- /12/ **JNC**
For a secure and stable supply of energy – Tōkai works
Japan Nuclear Cycle Development Institute, 1999
- /13/ **Shin Aoyama**
Status of high-level radioactive waste management in Japan
Proceedings from the Radioactive Waste Management and Environmental
Remediation Conference – ASME 1999, Nagoya 1999
- /14/ **INSC**
Nuclear power in India – An overview
International Nuclear Safety Center, Argonne Laboratories, 1996
- /15/ **INSC**
INSC Country Review – China
International Nuclear Safety Center, Argonne Laboratories, 1996
- /16/ **TradeTech**
Long-Term Price Indicators
The Nuclear Review, Number 381, May 2000
- /17/ **Cameco**
Uranium Spot Price History
Cameco Corporation, 2000
www.cameco.com/ux_history/index.html
- /18/ **Europeiska kommissionen**
Forsknings- och utbildningsprogram inom området kärnenergi (1998–2000)
– Arbetsprogram reviderat juli 2000
Europeiska Kommissionen, Eur-v 2.6/25 juli 2000
- /19/ **Enresa**
Plan de investigación y desarrollo tecnologico para la gestion de residuos radioactivos
1999–2003
Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, Publication tecnica num 08/99,
Madrid 1999
- /20/ **G Baudin et al**
Overview of the French program in chemical separation and transmutation of minor
actinides and long-lived fission products
International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-783, p 37, Wien 1993
- /21/ **Mukaiyama T et al**
Partitioning and transmutation R&D program OMEGA and present status of the
transmutation study at JAERI
International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-783, p 75, Wien 1993
- /22/ **E G Kudrayayavtsev**
Analysis of the preliminary results of the Russian P&T research programme
International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-783, p 161, Wien 1993

- /23/ **USDOE**
 A Roadmap for Developing Accelerator Transmutation of Waste (ATW) Technology
 – A Report to Congress
 US Department of Energy, DOE/RW-0519, 1999
- /24/ **ICRP**
 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
 ICRP Publication 60
 International Commission on Radioactive Protection, Oxford 1990
- /25/ **IAEA**
 The Principles of Radioactive Waste Management
 Safety Series No 111-F, STI/PUB/989
 International Atomic Energy Agency, Wien 1995
- /26/ **Posiva**
 Slutdeponeringsanläggningen för använt kärnbränsle – Miljökonsekvensbeskrivning
 Posiva Oy, Helsingfors 1999
- /27/ **Timo Vieno & Henrik Nordman**
 Safety assessment of spent fuel disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and
 Romuvaara – TILA 99
 Posiva Oy, Posiva 99-07, Helsingfors 1999
- /28/ **Yves Le Bars**
 Recent developments in the French programme for high-level long-lived radioactive
 waste
 Proceedings from the Waste Management '00 Conference, Tucson 2000
- /29/ **Nicole Sugier & Patrick Lebon**
 Underground research laboratories in France – Results of the reconnaissance phase
 and research programs
 Proceedings from the Radioactive Waste Management and Environmental
 Remediation – ASME 99, Nagoya 1999
- /30/ **USDOE**
 Viability assessment of a repository at Yucca Mountain, vol 1–5
 US Department of Energy, DOE/RW-0508, Washington DC 1998
- /31/ **The House of Lords Select Committee on Science and Technology**
 Management of nuclear waste
 The House of Lords, The Stationary Office HL Paper 89, London 1989
- /32/ **Canadian Environmental Assessment Agency**
 Report of the Nuclear Fuel Waste Management and Disposal Concept Environ-
 mental Assessment Panel
 Canadian Environmental Assessment Agency, 1998
- /33/ **NRCan**
 Government of Canada Response to Recommendations of the Nuclear Fuel Waste
 Management and Disposal Concept Environmental Assessment Panel
 Natural Resources Canada, 1998

- /34/ **Charles McCombie, Gregg Butler, Marcis Kurzeme, David Pentz, Jim Voss & Peter Winter**
The Pangea International repository – A technical overview
Proceedings from the Waste Management '99 Conference, Tucson 1999
- /35/ **OECD**
The Polluter Pays Principle – Analyses and Recommendations
Organisation for Economic Co-operation and development,
General distribution OECD/GD (92) 81
OECD, 1992
- /36/ **NEA**
Radioactive Waste Management in Perspective
OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1996
- /37/ **SKB**
Plan 2000 – Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter
Svensk Kärnbränslehantering, 2000
- /38/ **Europeiska Kommissionen**
Hantering av radioaktivt avfall inom Europeiska Unionen
Europeiska Kommissionen, Generaldirektorat XI, London 1998
- /39/ **NEA**
Radioactive waste management programmes in OECD/NEA member countries
OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1998
- /40/ **NEA**
SR 97: Post-closure Safety of a Deep repository for Spent Nuclear Fuel in Sweden
– An international Peer Review
OECD Nuclear Energy Agency, Paris 2000
- /41/ **NEA**
International Peer Review of the 1996 Performance Assessment of the US Waste
Isolation Pilot Plant (WIPP)
OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1997
- /42/ **ICRP**
International Commission on Radiological Protection: History, policies, procedures
International Commission on Radiological Protection, Exeter 1999
- /43/ **ICRP**
Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste
International Commission on Radiological Protection, Publication 77, 1998
- /44/ **ICRP**
Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid
radioactive waste
International Commission on Radiological Protection, Publication 81, 2000
- /45/ **IAEA**
Joint Convention on the Safety of Spent Nuclear Fuel Management and on the
Safety of Radioactive Waste Management
International Atomic Energy Agency Information Circular, INFCIRK/546,
24 december 1997

- /46/ **IAEA**
Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapon
International Atomic Energy Agency Information Circular INFCIRK/140,
22 april 1970
- /47/ **1960 års Pariskonvention**
SÖ 1968:17–20 och 1983:31–32
Prop 1968:25 och prop 1981/82:163, LU 1982/83:15
- /48/ **1988 års gemensamma protokoll rörande tillämpningen av Wienkonventionen den 21 maj 1963 och Pariskonventionen den 29 juli 1960**
SÖ 1992:2
Prop 1991/92:31, LU 1991/92:12
- /49/ **1971 års konvention om skadeståndsansvar vid sjötransport av atomsubstans**
SÖ 1974:42
Prop 1974:38, LU 1974:11
- /50/ **IAEA**
Convention of Early Notification of a Nuclear Accident
International Atomic Energy Agency Information Circular INFCIRK/335,
18 november 1986
- /51/ **IAEA**
Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological
Emergency
International Atomic Energy Agency Information Circular INFCIRK/336,
18 november 1986
- /52/ **IAEA**
Convention on Nuclear Safety
International Atomic Energy Agency Information Circular INFCIRK/449,
5 juli 1994
- /53/ **1992 års Pariskonvention om skydd av den marina miljön i Nordostatlanten**
Prop 1992/93:237
- /54/ **1959 års Antarktisdödrag**
Prop 1983/84:79, UU 1983/84:10
- /55/ **1972 års konvention om förhindrande av havsföroreningar till följd av
dumpning av avfall**
SÖ 1974:8 (1980:5)
Prop 1973:111, JoU 1973:27
- /56/ **1991 års Esbokonvention om miljökonsekvensbeskrivningar i ett
gränsöverskridande sammanhang**
SÖ 1992:1
Prop 1991/92:25, BoU 1991/92:5
- /57/ **UN/ECE**
Convention on access to information, public participation in decision-making and
access to justice in environmental matters
United Nations Economic Commission for Europe, ECE/CEP43, 21 april 1998

**Hantering av använt
kärnbränsle i tio länder**

Finland

Finland har kommit långt i processen med att lokalisera ett slutförvar. Snart kommer den finska regeringen och riksdagen att ta principiell ställning till frågan om ett förvar i Olkiluoto.

I Finland finns två kärnkraftverk, Olkiluoto och Lovisa, med vardera två reaktorer. Tillsammans har de en installerad effekt av 2 700 megawatt el och står för 33 procent av landets elproduktion. Samtliga reaktorer togs i drift mellan 1977 och 1980.

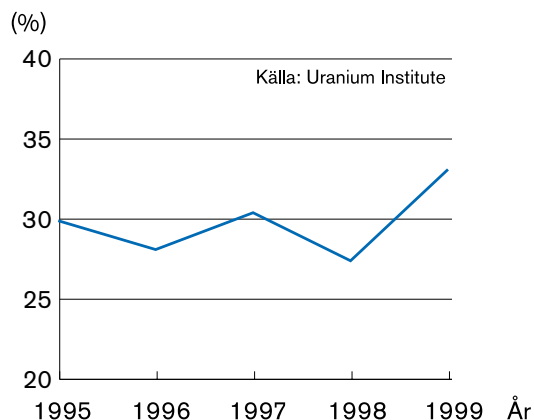
Med en beräknad drifttid på 40 år kommer det finska kärnkraftsprogrammet att ge upphov till omkring 2 600 ton använt bränsle. Olkiluoto ägs av Teollisuuden Voima Oy (TVO) och Lovisa av Fortum Power and Heat (före detta Imatran Voima Oy, IVO).

Strategi

Det använda kärnbränslet betraktas som ett avfall och ska deponeras i granit på ungefär 500 meters djup.

Ansvarsfördelning

Kraftföretagen ansvarar enligt kärntekniklagen för att ta hand om det använda kärnbränslet. De har därför bildat det gemensamma bolaget Posiva. Organisationen ägs av TVO (60 procent) och Fortum (40 procent). Posiva ska sköta såväl utveckling som lokalisering och drift av ett geologiskt förvar.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Finland 1995–99.



Detaljundersökningar ska enligt planerna inledas i Olkiluoto år 2003.

Regeringen reglerar användningen av kärnenergi i Finland. Handels- och industriministeriet beviljar nödvändiga tillstånd och bestämmer tidtabeller för olika åtgärder den dag slutförvaret ska förverkligas.

Strålskyddscentralen (STUK) övervakar att hantering, lagring och slutförvaring av det använda kärnbränslet sker på ett säkert sätt. STUK ska också bedöma kvaliteten och omfattningen av Posivas planer och forskningsinsatser.

Finansiering

Kraftbolagen står för alla kostnader för att ta hand om det använda kärnbränslet. Bolagen betalar genom en avgift på elpriset in medel till Statens kärnavfallsfond, som sköts av handels- och industriministeriet. Myndigheterna kontrollerar varje år att det finns tillräckligt med pengar i fonden för att täcka kostnaderna.

Mellanlagring

Omkring en fjärdedel av bränslet i de finska reaktorerna byts ut varje år. Det innebär att mängderna använt kärnbränsle ökar med omkring 70 ton årligen. Totalt finns omkring 1 600 ton i lager.

Varje kärnkraftverk tar hand om det använda bränslet som uppkommer i verksamheten. Något centralt mellanlager finns inte. Bränslet kyls ned i vattenbassänger i reaktorbyggnaden i några år. Därefter transporteras det till en annan lagringsbassäng på kärnkraftverkets område. Där ska det använda bränslet förvaras i ungefär 40 år i väntan på deponering, så att det mesta av radioaktiviteten hinner klinga av.

Upparbetning

Aggregaten i Lovisa är ryskbyggda tryckvattenreaktorer av VVER-modell. Finland hade fram till mitten av 1990-talet ett avtal med Ryssland som innebar att allt använt bränsle från Lovisa skickades tillbaka till Ryssland för att upp- arbetas vid upparbeitungsanläggningen i Majak. Ryssland åtog sig också enligt avtalet att ta hand om de högaktiva rester som uppstod vid upparbetningen.

1994 ändrades den finska kärnenergilagen. Från och med 1997 blev det förbjudet att exportera alla typer av radioaktivt avfall. Bränsletransporterna från Lovisa till Ryssland upphörde och det använda bränslet därifrån kommer i stället att deponeras i ett geologiskt förvar.

Geologisk förvaring

Den finska metoden att ta hand om använt kärnbränsle är mycket lik den svenska. Bränslet ska kapslas in i koppar, omges av bentonitlera och placeras på cirka 500 meters djup i urberget.

TVO inledde översiktsstudier redan 1980. Hela 102 tänkbara platser kunde då identifieras. Senare under 1980-talet valdes fem platser ut för preliminära platsundersökningar. 1993 kom mer omfattande platsundersökningar igång i tre kommuner (Euraåminne där Olkiluoto ligger, Romuvaara och Kivetty). När kärnkraftverket i Lovisa slutade skicka sitt använda bränsle till Ryssland och den gemensamma avfallsorganisationen Posiva bildades kom även Lovisa kommun in i bilden.

Alla platserna ligger i granitformationer. De största skillnaderna rör grundvattnet. I Euraåminne och i Lovisa är detta salt. Romuvaara och Kivetty ligger längre in i landet och har sött grundvatten.

De geologiska undersökningarna kompletterades med ett program för miljökonsekvensbeskrivningar och en säkerhetsanalys. Säkerhetsanalysen visade att alla de fyra platserna klarade säkerhetskraven.

I maj 1999 tecknade Posiva ett kontrakt med Euraåminne kommun i vilket man förband sig att bygga ett förvar i anslutning till kärnkraftverket i Olkiluoto, under förutsättning att regeringen och myndigheterna gav sitt tillstånd. Strax därefter lämnade Posiva in en ansökan med tillhörande miljökonsekvensbeskrivning för var och en av de fyra platserna, men pekade ut Olkiluoto som förstahandskandidat.

För att slutförvaret ska kunna börja byggas krävs ett principbeslut av regeringen. Förutsättningen för att ett sådant ska bli positivt är att både STUK och den aktuella kommunen tillstyrker. Riksdagen ska sedan godkänna regeringens beslut. Kommunfullmäktige i Euraåminne har sagt ja till slutförvaret. Samtidigt konstaterade STUK att det inte finns några säkerhetsmässiga hinder för regeringen att fatta principbeslutet.

Regeringens principbeslut skulle enligt planerna fattas någon gång under år 2000, men har blivit fördröjt eftersom en person i Euraåminne kommun har överklagat det kommunala beslutet. I november 2000 slog Högsta Förvaltningsdomstolen fast att det inte fanns någon juridisk grund för överklagandet. Principbeslutet väntas nu under våren 2001.

Det första skedet i detaljundersökningarna blir att bygga ett schakt ner till cirka 500 meters djup. Detta görs för att ytterligare bekräfta de uppgifter som kommit fram vid platsundersökningarna. Arbetena tar mellan tre och fyra år i anspråk och Posiva kommer enligt planerna att inleda dessa år 2003. Själva deponeringen kan påbörjas år 2020.

Frankrike

Senast år 2006 ska de franska parlamentsledamöterna ha så mycket underlag att de kan bestämma sig för vad Frankrike ska göra med sina högaktiva rester från upparbetningen. De alternativ som står till buds är långtidslagring, transmutation och deponering i lera eller granit.

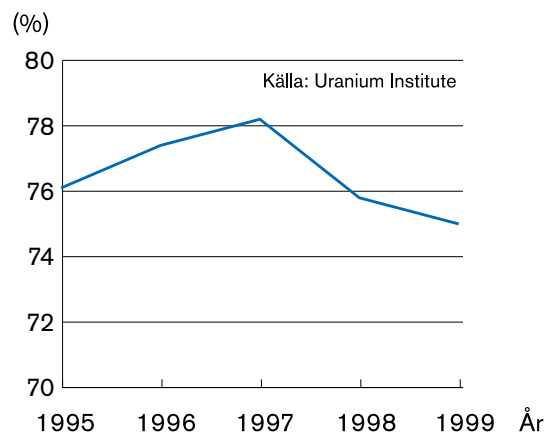
I dag är Frankrike det land i världen som är mest beroende av kärnkraft för sin elförsörjning. Hela 75 procent av elproduktionen kommer därifrån och den sammanlagda installerade effekten är 63 100 megawatt el. Av de 59 reaktorerna är alla utom en lättvattenreaktorer och ägs av det statliga energibolaget EDF (Électricité de France). Den 59:e reaktorn är en bridreaktor som ägs av den franska atomenergikommissionen CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique).

Strategi

Frankrike har ett stort kärnkraftprogram och strävar efter att behärska alla delar av kärnbränslecykeln. Det använda kärnbränslet betraktas som en energiresurs och upparbetas därför. För närvarande upparbetas två tredjedelar av det använda bränslet. Resten lagras tills vidare. Denna fördelning styrs av kapaciteten att återanvända plutonium i MOX-bränsle (mixed oxide fuel).

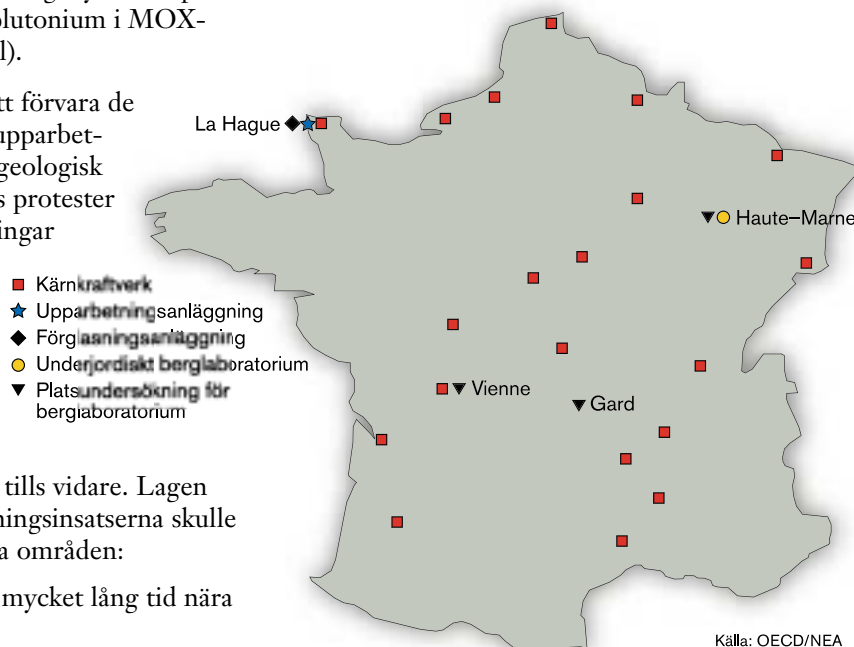
Inriktningen var länge att förvara de högaktiva resterna från upparbetningen i någon form av geologisk formation. Allmänhetens protester mot närmare undersökningar av markförhållandena blev emellertid för stora i början av 1990-talet. Den franska lagen ändrades 1991 så att all deponering av högaktivt avfall förbjöds tills vidare. Lagen stadgade också att forskningsinsatserna skulle koncentreras till tre olika områden:

- Mellanlagring under mycket lång tid nära marknivån.
- Transmutation (ännu inte kommersiellt tillgänglig process för att omvandla långlivade radioaktiva ämnen till kortlivade eller stabila).
- Deponering på stort djup i berggrunden.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Frankrike 1995–99.

Senast år 2006 ska det finnas så mycket underlag framtaget för alla dessa tre alternativ att regeringen och parlamentet kan precisera närmare hur det högaktiva avfallet ska tas om hand. De olika alternativen behöver inte ses som konkurrerande lösningar utan kan bli komplement till varandra.



Ett underjordiskt berglaboratorium håller på att byggas i lersten i Haute-Marne.

Ansvarsfördelning

CEA är Frankrikes statliga forsknings- och utvecklingsorganisation på atomenergiområdet. Organisationen lyder under industriministeriet och ansvarar för forskning som har samband med reaktorteknologi och kärnbränslecykeln, bland annat punkt 1 och 2 i ovanstående avsnitt.

Andra (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs) är ett statligt ägt företag med uppgift att utforma och bygga ett geologiskt förvar samt att genomföra de geologiska undersökningar som behövs för att hitta en lämplig plats, dvs punkt 3 i avsnittet ovan. Organisationen ansvarar också för forskning och utveckling när det gäller säkerhetsfrågor.

CNE (Commission Nationale d'Evaluation des Recherches pour la Gestion des Déchets Radioactifs) är en expertgrupp tillsatt av det franska parlamentet. Gruppen ska varje år rapportera till parlamentet.

Finansiering

Forskningsprogrammet för slutförvaring finansieras genom att avfallsproducenterna i förväg betalar i relation till den mängd avfall de förväntas producera. Förfarandet formaliseras genom kontrakt mellan Andra och avfallsproducenterna, men det förekommer ingen regelrätt fondering av medel i förväg.

Mellanlagring

Det använda kärnbränslet förvaras i bassänger vid kärnkraftverken i ungefär ett år innan det skickas till upparbetning. Väl framme vid upparbetningsanläggningen i La Hague, se vidare avsnittet om upparbetning, lagras det använda bränslet även där i två till tre år i bassänger.

Upparbetning

I upparbetningsanläggningen i La Hague upparbetas bränsle från lättvattenreaktorer som ägs av EdF och 27 andra kraftföretag i Belgien, Nederländerna, Tyskland, Japan och Schweiz. Anläggningen drivs av Cogema (Compagnie Générale des Matières Nucléaires). Kapaciteten uppgår till 1 600 ton använt bränsle per år. Bara hälften utnyttjas emellertid.

Upparbetningen ger upphov till flytande radioaktiva restprodukter. Dessa överförs till fast form genom att blandas med glasmassa. Det förglasade avfallet förpackas i stålbehållare och lagras sedan i luftkylda utrymmen i väntan på slutförvaring. Omkring 100 kubikmeter inhemskt förglasat avfall tillkommer varje år. Den totala mängden kommer att uppgå till ungefär 5 000 kubikmeter år 2020. Det upparbetade förglasade utländska bränslet ska skickas tillbaka till ursprungslandet. Sådana transporter har redan gått till Belgien, Tyskland och Japan.

Geologisk förvaring

Deponeringen av högaktiva rester från upparbetning baseras sig, liksom deponering av använt kärnbränsle, på ett system av flera barriärer. Det förglasade avfallet utgör en barriär, stålbehållaren en andra och den geologiska formationen en tredje.

Andra började redan på 1980-talet med geologiska översiktsstudier. 1983 avslutades en inventering som pekade ut 30 möjliga områden i olika geologiska formationer. Fyra platser valdes ut bland de 30 och undersökningar påbörjades. Allmänhetens protester blev emellertid så starka att verksamheten avbröts och lagen ändrades.

Den nya lagstiftning som trädde i kraft 1991 poängterade att fortsatta insatser skulle baseras på frivillighet. Så skedde också. Preliminära undersökningar med bland annat provborrningar har nu gjorts i tre områden: Haute-Marne (lersten), Gard (lera) och Vienne (granit täckt av sediment). Samtidigt fördes förhandlingar med departementen om vilka som på frivillig väg kunde tänka sig att hysa underjordiska laboratorier.

I juni 1999 fick Andra tillstånd av regeringen att etablera ett berglaboratorium i Haute-Marne. Det ska byggas på 490 meters djup i en 130 meter tjock lerstensformation. Med etableringen av berglaboratoriet följer ett lokalt utvecklingsstöd från staten om 60 miljoner franc (cirka 80 miljoner kronor) per år.

Däremot vill regeringen få fram en ny plats som är belägen i granit. Geologin och hydrologin i Vienne ansågs vara alltför komplicerad. Andra fortsätter därför arbetet med att finna ytterligare en lämplig plats för ett underjordiskt laboratorium.

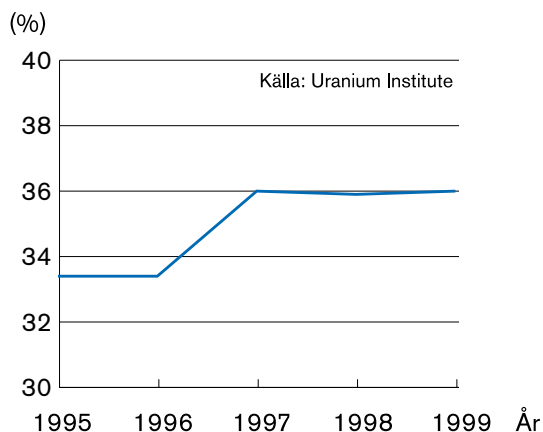
Japan

Japan upparbetar sitt använda kärnbränsle. De förglasade högaktiva resterna från upparbetningen ska förvaras på stort djup i berggrunden.

Japan har få inhemska energikällor. Redan på 1950-talet beslöt därför den japanska regeringen att landet skulle använda sig av kärnkraft för att producera elkraft och på så sätt göra energisystemet mindre sårbart. Den första reaktorn startade 1963. I dag finns 52 reaktorer som tillsammans står för 36 procent av landets elproduktion. Den installerade effekten uppgår till 43 200 megawatt el. Kraftverken ägs av nio olika kraftbolag som tillsammans har bildat Feppo (Federation of Electric Power Companies).

Strategi

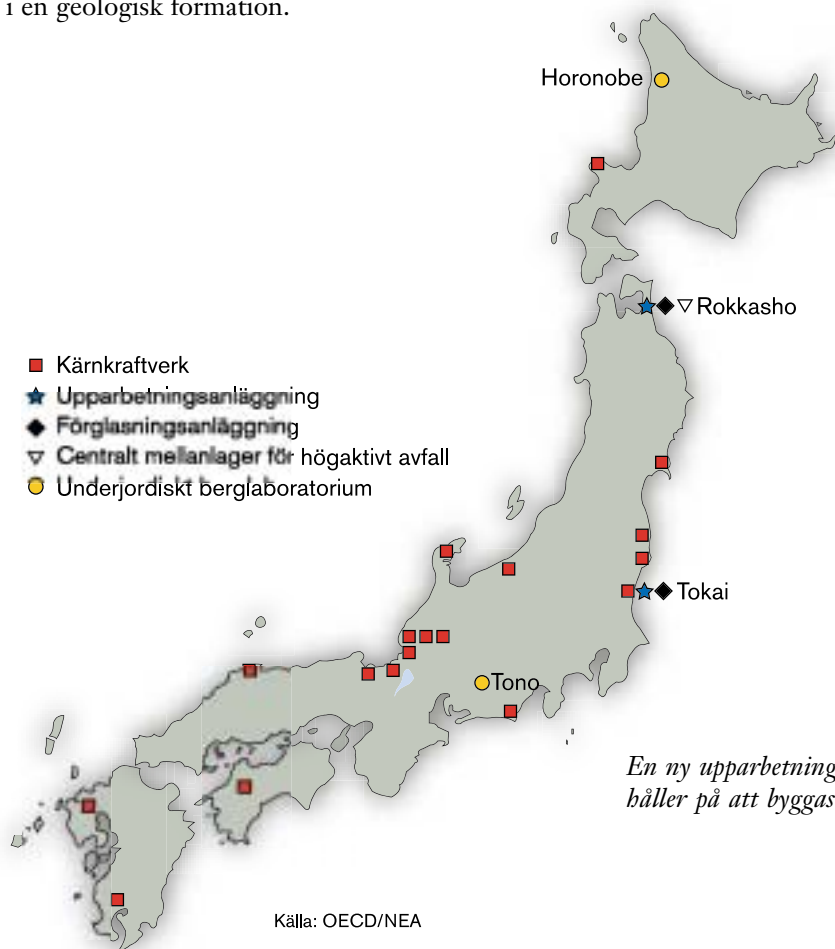
Använt kärnbränsle betraktas som en resurs och upparbetas utomlands. För att minska beroendet av utlandet bygger landet en egen upparbetningsanläggning. Efter mellanlagring i mellan 30 och 50 år ska de radioaktiva resterna från upparbetningen slutförvaras på stort djup i en geologisk formation.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Japan 1995–99.

Ansvarsfördelning

Agenturen för vetenskap och teknologi sorterar under teknologiministeriet och utfärdar tillstånd för avfallshandling och deponering enligt lagen om kärnämnen, kärnbränsle och reaktorer.



En ny upparbetningsanläggning håller på att byggas i Rokkasho.

JNC (Japan Nuclear Cycle Development Institute) bedriver forskning och utveckling om upparbetning och förvaring av högaktivt avfall långt ner i berggrunden.

JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute) forskar om ämnesområden som har anknytning till olika kärntekniska tillämpningar.

CRIEPI (Central Research Institute of Electric Power Industry) ägs av kärnkraftindustrin och arbetar med forskning och utveckling av olika kärnteknologiska tillämpningar.

SHP (Steering Committee on High-Level Radioactive Waste Project) är en interremistisk styrgrupp som ska främja åtgärder, som kan accepteras av allmänheten, för miljövänlig säker förvaring av högaktivt avfall. Gruppen behandlar frågor som rör kommunikationsstrategier, finansieringsformer etc.

Enligt planerna kommer en ny organisation att bildas under år 2000. Den ska ha ansvar för att genomföra avfallshantering och slutlig förvaring i Japan.

Finansiering

Avfallsproducenterna är skyldiga att finansiera omhändertagandet av det högaktiva avfallet. SHP diskuterar för närvarande de ekonomiska aspekterna. Kostnaderna för ett geologiskt förvar för 40 000 behållare med förglasat avfall har beräknats till mellan 2 700 och 3 100 miljarder yen (230–270 miljarder kronor).

Mellanlagring

Japans första mellanlager för förglasat högaktivt avfall öppnade 1995 i Rokkasho-mura. Anläggningen består av två delar: en för högaktiva rester från upparbetning och en för använt kärnbränsle. Än så länge är bara avdelningen för lagring av högaktiva upparbetningsrester i drift. Mellanlagret drivs av JNFL (Japan Nuclear Fuel Limited) och lagringskapaciteten är 3 000 ton.

Upparbetning

Landets hittills enda anläggning för upparbetning av använt bränsle ligger i Tokai och drivs av JNC. Det är en liten demonstrationsanläggning som bara kan ta hand om 90 ton använt bränsle per år. Drygt 1 000 ton har

upparbetats hittills. Anläggningen stängdes 1997 efter en olycka, men sommaren 2000 återupptogs driften på prov.

JNFL håller på att bygga en anläggning i full skala i Rokkasho-mura. Den beräknas kunna tas i drift 2005 och ska då upparbeta 800 ton använt bränsle per år.

Eftersom det för närvarande råder kapacitetsbrist inom landet skickar japanerna sitt använda kärnbränsle till Frankrike och Storbritannien för upparbetning i La Hague respektive Sellafield. Efter upparbetning skeppas de högaktiva resterna tillbaka till Japan. Där mellanlagras de i en anläggning i Rokkasho-mura i mellan 30 och 50 år i väntan på slutförvaring i berggrunden. Det japanska kärnkraftsprogrammet hade 1999 gett upphov till ungefär 12 600 behållare med förglasat avfall. Varje år tillkommer ytterligare 900 stycken.

I anslutning till upparbetningsanläggningen i Tokai finns också sedan 1995 en försöksanläggning för förglasning. De flytande högaktiva resterna blandas upp med glasmasa vid hög temperatur och förpackas sedan i behållare av stål. En motsvarande fullskaleanläggning byggs i anslutning till upparbetningsanläggningen i Rokkasho-mura.

Geologisk förvaring

Det högaktiva avfallet från upparbetningen ska deponeras i geologiska formationer omgärdade av ett barriärsystem. Var slutförvaret ska ligga är ännu inte bestämt. Geologin i Japan är komplicerad och det är svårt att ta fram entydiga kriterier för vad som kännetecknar en bra berggrund. Men med ett barriärsystem som är anpassat till de lokala förutsättningarna skulle det ändå gå att klara de säkerhets-kriterier som finns.

Underjordiska berglaboratorier finns i Tono (sandsten) och i Kamaishi (granit). Det senare togs ur drift 1998 och kommer att ersättas av ett nytt berglaboratorium i Mizunami nära Tono. Provbörningar där har redan startat. JNC planerar att bygga ytterligare ett berglaboratorium i Horonobe.

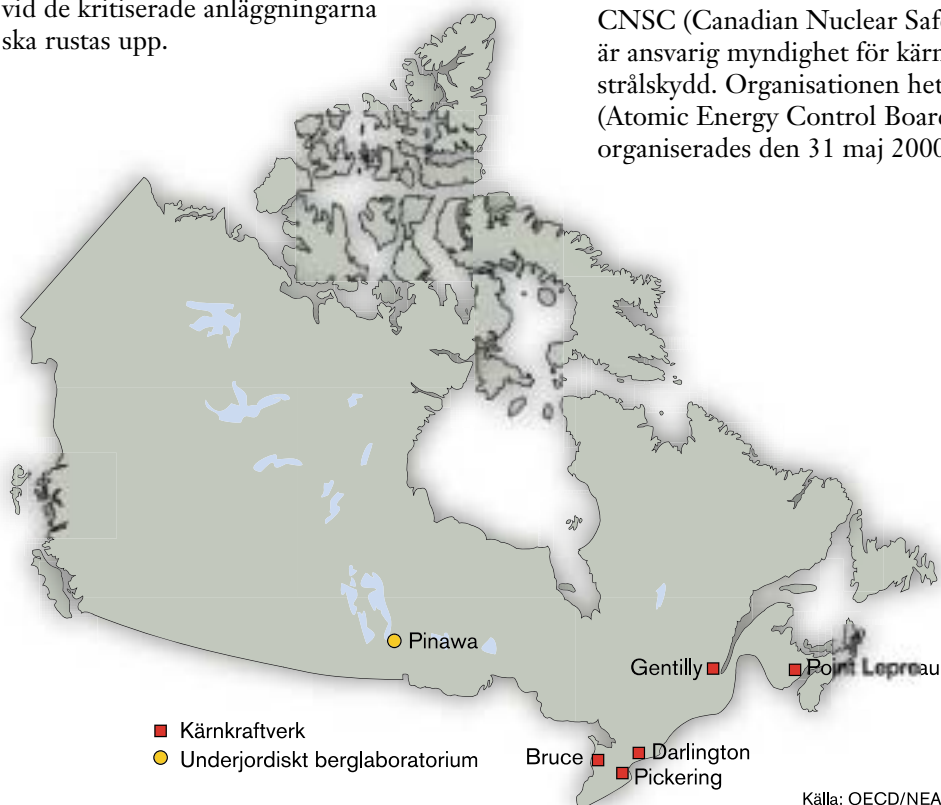
En särskild organisation som svarar för platsundersökningar, lokalisering, byggande och drift av ett geologiskt slutförvar ska inrättas. Målet är att ett sådant förvar ska kunna tas i drift någon gång mellan 2030 och 2045.

Kanada

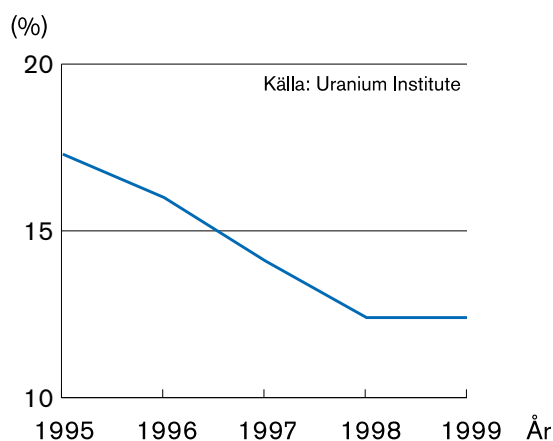
Den kanadensiska systemet för att deponera använt kärnbränsle liknar mycket det svenska. Bränslet kapslas in i koppar, placeras minst 500 meter ner i urberget och omges av bentonitlera.

Kanada har 14 reaktorer i drift fördelade på fem olika kärnkraftverk. Samtliga är av typen Candu, en inhemsk variant av tungvattenreaktorn. Drygt tolv procent av elproduktionen kommer från kärnkraft. Den sammanlagda installerade effekten uppgår till 10 000 megawatt el. Det kanadensiska kärnkraftsprogrammet kommer att ge upphov till nästan 70 000 ton använt bränsle. År 2000 finns ungefär 20 500 ton använt bränslet lagrat vid kärnkraftverken.

Alla reaktorer utom två ägs av kraftbolaget Ontario Power Generation (före detta Ontario Hydro). Hela 90 procent av det använda bränslet kommer därifrån. Under flera år har elproduktionen vid Ontario Power Generations anläggningar drabbats av en rad driftstörningar och olyckor. Med anledning av detta har verksamheten och drifrutinerna granskats. Betyget blev med nöd och näppe godkänt för kraftverken i Pickering, Bruce och Darlington. Ägarna beslöt därför att stänga de fyra äldsta reaktorerna i Pickering och de tre äldsta i Bruce. De kvarvarande aggregaten vid de kritiserade anläggningarna ska rustas upp.



Alla kärnkraftverk utom de i Gentilly och Point Lepreau ägs av kraftbolaget Ontario Power Generation.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Kanada 1995–99.

Strategi

Inriktningen är att det använda kärnbränslet ska kapslas in i koppar och deponeras omgivet av bentonitlera på ungefär 500 meters djup i en granitformation.

Ansvarsfördelning

NRCan (Natural Resources Canada) är regeringens organ och ansvarar för policy-frågor och lagstiftning.

CNSC (Canadian Nuclear Safety Commission) är ansvarig myndighet för kärnsäkerhet och strålskydd. Organisationen hette förut AECB (Atomic Energy Control Board), men omorganiserades den 31 maj 2000.

AECL (Atomic Energy of Canada Limited) är ett statligt ägt bolag som bedriver forskning och utveckling kring förvaring av radioaktivt avfall. Det är AECL som har utvecklat det kanadensiska förvarskonceptet.

Canadian Environmental Assessment Agency Panel upprättades 1989 och lämnade 1998 en slutrapport i vilken man konstaterade att det förvarskoncept som AECL tagit fram håller ur teknisk synvinkel, men att det inte finns något folkligt stöd för att bygga ett slutförvar. Panelen föreslog att lokaliseringsprocessen skjuts upp och att en ny fristående avfallsorganisation bildas.

Finansiering

Fram till 1987 finansierade staten det kanadensiska kärnavfallsprogrammet. Därefter delades kostnaderna lika mellan staten och det största kraftbolaget Ontario Power Generation. Den totala kostnaden för ett slutförvar beräknas till 9–13 miljarder kanadensiska dollar (58–85 miljarder kronor).

Mellanlagring

Ett bränsleelement i en kanadensisk reaktor utnyttjas i ungefär 18 månader. Sedan måste det bytas ut. Det använda bränslet mellanlagras först i bassänger vid kärnkraftverken för att en del av radioaktiviteten ska klinga av. Ungefär en miljon bränsleelement finns för närvarande i lager.

Efter sju år kan bränslet flyttas över till ett torrt lager, som består av stora betong-behållare. För närvarande torrlagras bara en mindre del av det använda bränslet. Omfattningen av denna lagringsform kommer emellertid att öka. I Bruce har ett nytt torrt mellanlager fått sin miljökonsekvensbeskrivning godkänd av miljöministeriet. Det kommer att vara det största av sitt slag i Nordamerika och ett av de största i världen. Kapaciteten täcker kärnkraftverkets hela lagringsbehov, om man räknar med att reaktorerna har en drifttid på 40 år.

Geologisk deponering

Arbetet med att finna en metod och en plats för slutförvaring har pågått i ett par årtionden. Liksom i Sverige diskuterar kanadensarna i första hand geologisk slutförvaring i granit någonstans på den kanadensiska skölden.

Den kanadensiska metoden bygger, liksom den svenska, på ett system av flera barriärer som ska hindra de radioaktiva ämnena från att sprida sig. Förvarskonceptet har utformats av AECL och bygger på att det använda kärnbränslet ska kapslas in i koppar och bäddas in i bentonit på ungefär 500 meters djup i berggrunden. Innan anläggningen försluts ska den övervakas ett antal år så att man ser att det fungerar som det är tänkt. Ytterligare övervakning av det förslutna förvaret kommer sedan att ske under många årtionden.

I Pinawa i Manitoba finns ett underjordiskt forskningslaboratorium. Anläggningen består av ett vertikalt schakt ner till 445 meters djup med försökstunnlar på 240 och 420 meters djup.

1989 tillsatte den kanadensiska regeringen en oberoende panel, Canadian Environmental Assessment Agency Panel, med uppgift att granska hela förvarskonceptet. Panelen arbetade i nästan tio år med sin uppgift och genomförde bland annat offentliga utfrågningar på en rad platser i landet. Slutrapporten kom 1998. I denna konstaterar panelen att AECL:s koncept håller rent tekniskt, men att det inte finns något folkligt stöd för att genomföra projektet. Panelen rekommenderar regeringen att inrätta en ny oberoende myndighet och att förändra lokaliseringsprocessen så att den tar mer hänsyn till den allmänna opinionen.

Regeringens svar på panelens rapport kom i slutet av 1998 och innehöll bland annat följande punkter:

- Ansvaret för slutförvaringen och finansieringen av hanteringen av det använda kärnbränslet ska ligga hos producenterna. Kraftbolagen bör därför bilda ett separat bolag som ska ha hand om alla aspekter som rör slutförvaring av radioaktivt avfall.
- Kraftbolagen bör inrätta en särskild fond för att klara finansieringen.

I och med att Kanada nu tar ny sats i lokaliseringsarbetet har också lagstiftningen skrivits om. Den gamla var omodern och gjorde det svårt att hålla takten med de regler som olika internationella avtal innehåller. Säkerhetsmyndigheten AECB omorganiserades i samband med detta och heter numera CNSC.

Ryssland

I Ryssland lagras det använda kärnbränslet och de högaktiva uppberedningsresterna under mer eller mindre ordnade former. Brist på pengar gör det svårt att ta ett samlat grepp för att komma till rätta med problemet.

I Ryssland finns tio kärnkraftverk med tillsammans 29 reaktorer. Drygt 14 procent av elen kommer från kärnkraften. Den installerade effekten uppgår till nästan 20 000 megawatt el. För närvarande byggs ytterligare tre reaktorer.

Det finns tre olika reaktormodeller: den lättvattenkylda grafitmodererade RBMK-reaktorn, den sovjetiska varianten av tryckvattenreaktor VVER och den snabba bridmodellen BN som kyls med flytande natrium.

Till skillnad från i västvärlden fanns det inte i Sovjetunionen någon klar skiljelinje mellan militära och civila tillämpningar av kärnteknologin. Kärnkraften kom därför att omgärdas av samma hemlighetsmakeri som vapenproduktionen. Mycket av utvecklingen ägde rum i tio så kallade stängda städer, där invånarna kunde leva under, för ryska förhållanden, ganska privilegierade former.

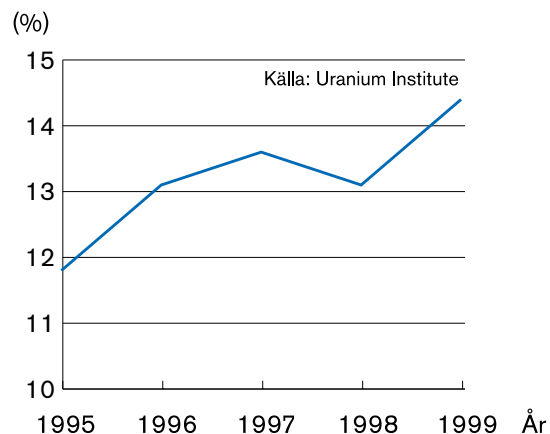
Strategi

Sovjetunionen strävade efter att behärska hela kärnbränslecykeln, från uranbrytning till uppberedning och deponering. Situationen komplicerades vid nationens sönderfall.

Många viktiga anläggningar ligger i numera självständiga stater.



I det forna Sovjetunionen fanns inte någon klar skiljelinje mellan militära och civila tillämpningar. Kärnkraften kom därför att omgärdas av samma hemlighetsmakeri som vapenproduktionen.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Ryssland 1995–99.

Ryssland fortsätter emellertid på den inslagna vägen och marknadsför numera även sina tjänster utanför det gamla östblocket. Då ingår också slutförvaring. Någon samlad strategi för hur uppberedningsrester och använt bränsle ska hanteras finns inte.

Finansiering

Producentansvar råder. Uppberedningsanläggningen i Majak drivs numera på kommersiell grund.

Ansvarsfördelning

Det ryska atomministeriet Minatom ansvarar för uppberetningsanläggningar, slutförvaring och forskning.

RF GAN (Russian Federation Gosatomnadsor) bildades 1992 och har tillsyn över de civila kärntekniska anläggningarna.

Mellanlagring

Bränslet från briedreaktorerna och de små tungvattenreaktorerna VVER-400 och VVER-230 lagras i bassänger vid respektive kärnkraftverk i mellan fem och sju år innan det skickas till Majak för uppberetning, se vidare avsnittet om uppberetning. I Majak finns ett mindre mellanlager, där bränslet kan lagras ytterligare någon tid. För närvarande tar dock inte Majak emot något nytt bränsle på grund av tekniska problem.

Även bränslet från de stora VVER-1000 reaktorerna ska enligt planerna uppberetas vid en särskild anläggning i Krasnojarsk. Framtiden för den planerade uppberetningsanläggningen är emellertid osäker, se vidare avsnittet om uppberetning. Det använda bränslet lagras därför sedan 1985 i bassänger i Krasnojarsk. Anläggningen är Rysslands enda egentliga centrala mellanlager och kan ta emot 6 000 ton. Den är i dag fylld till 40 procent och beräknas vara helt full någon gång mellan 2005 och 2007. Minatom planerar att bygga ut anläggningen med ett torrlager som ska stå klart år 2005.

Bränslet från RBMK-reaktorerna lönar sig inte att uppbereta. För närvarande lagras därför omkring 8 700 ton i bassänger vid respektive kärnkraftverk. Vid många kärnkraftverk håller lagringsutrymmena på att fyllas. På senare år har därför torrlagring börjat användas vid flera anläggningar.

Uppberetning

Vid det kärntekniska industrikomplexet Majak i den före detta stängda staden Tjeljabinsk-65 (Oserk) finns en uppberetningsanläggning, RT-1, som tar hand om det använda bränslet från briedreaktorerna och de mindre VVER-400-reaktorerna. Anläggningens nominella kapacitet är 400 ton per år. De lokala myndigheterna har emellertid begränsat produktionen till 225 ton per år.

I anslutning till uppberetningsanläggningen finns också en anläggning för förglasning av de högaktiva vätskeformiga resterna från uppberetningen. Tanken är att de förglasade högaktiva resterna ska förpackas i metallbehållare och sedan förvaras i omkring 40 år innan de deponeras i ett geologiskt förvar. Det har emellertid varit mycket svårt att få förglasningsanläggningen att fungera. Det högaktiva avfallet lagras därför i tankar i flytande form. Lagringsmöjligheterna är snart uttömda. Förglasningskapaciteten byggs för närvarande ut. En anläggning står klar till cirka 70 procent.

En andra uppberetningsanläggning, RT-2, började byggas i Krasnojarsk-26 (Selesnogorsk). Här skulle det användas bränslet från de stora VVER-1000-reaktorerna uppberetas. Men den ekonomiska krisen satte en käpp i hjulet. Bara en tredjedel av anläggningen stod klar när bygget stoppades 1989 på grund av brist på pengar. Men hoppet om att färdigställa anläggningen lever kvar. För att klara finansieringen vill ryssarna teckna uppberetningskontrakt med andra länder.

Geologisk förvaring

Det finns inget samlat program för slutförvaring i Ryssland. IGEM, ett ryskt forskningsinstitut som bland annat är inriktat mot geologi, har till uppgift att genomföra en översiktsstudie för att finna passande områden för geologiska förvar samt att genomföra platsundersökningar på de ställen där stora mängder radioaktivt avfall finns lagrade. För närvarande koncentrerar IGEM sina insatser till Majaks omgivning. Tre platser inom fem kilometers avstånd från uppberetningsanläggningen har identifierats. Tanken är att såväl förglasat som flytande avfall ska deponeras på fyra kilometers djup.

Khlopin Radium Institute har genomfört studier nära Krasnojarsk för Minatoms räkning.

Ryssland har sedan 1972 deponerat bland annat högaktivt flytande avfall genom injektering i berg på 450 meters djup. Metoden innebär att avfallet pumpas ner under tryck direkt ut i genomsläppliga lager av sandsten, som är isolerade från omgivningen av tjocka lerlager. Injekteringar av högaktivt avfall har skett i både Krasnojarsk och Tomsk.

Schweiz

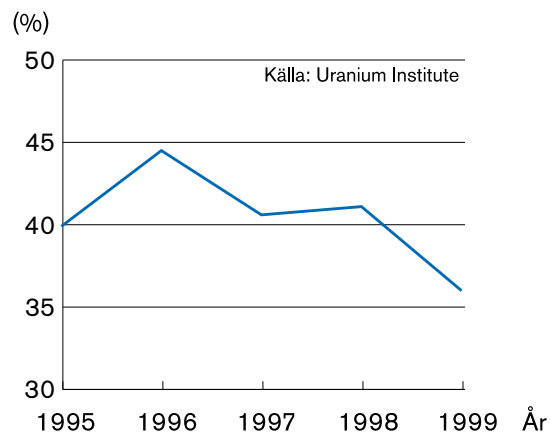
Schweiz upparbetar sitt använda kärnbränsle utomlands. De högaktiva resterna ska slutförvaras i en geologisk formation. Lera och granit är huvudalternativen.

I Schweiz finns det fem reaktorer vid fyra kärnkraftverk; Beznau, Mühleberg, Gösigen och Leibstadt. Den installerade effekten uppgår till knappt 3 200 megawatt el. Kärnkraften står för 36 procent av elproduktionen. Alla kärnkraftverken ägs av olika kraftbolag.

1990 hölls en folkomröstning i Schweiz om kärnkraftens framtid. Invånarna accepterade då fortsatt drift av de existerande anläggningarna, men införde ett tioårigt moratorium för nya kärntekniska anläggningar. Moratoriet gäller dock inte för avfallsanläggningar.

Strategi

Det använda kärnbränslet upparbetas i Frankrike och Storbritannien. Enligt schweizisk lag ska radioaktivt avfall slutförvaras i geologiska formationer. Undersökningar av lera och granit pågår. Lagen kräver också att avfallet ska förvaras inom landets gränser, men Schweiz håller trots detta dörren öppen för ett internationellt förvar.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Schweiz 1995–99.

Ansvarsfördelning

BEW (Bundesamt für Energiewirtschaft) är den statliga energimyndigheten. Organisationen ansvarar för tillståndsfrågor.

Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung Radioaktiver Abfälle) ägs av schweiziska staten och kraftföretagen och ansvarar för forskning och utveckling av slutförvaring.



I januari år 2000 invigdes Zwiilag, ett centralt mellanlager för såväl högaktivt avfall och använt kärnbränsle som andra avfallstyper.

Zwilag (Zwischenlager Würenlingen AG) är ett bolag som ägs av kraftproducenterna och har till uppgift att bygga och driva ett centralt mellanlager för såväl högaktivt avfall och använt kärnbränsle som andra avfallstyper.

EKRA (Expertengruppe Entzorgungskonzepte für radioaktive Abfälle) är en oberoende expertgrupp som rapporterar till miljöministeriet. Gruppen ska jämföra olika alternativ för långsiktig lagring och komma med rekommendationer.

Finansiering

Finansieringen av avfallshanteringen baseras på elproduktionen och avgifter tas ut direkt av elproducenterna. Schweiz har till skillnad från många andra länder ingen statlig organisation som ansvarar för de medel som går till avfallshanteringen. Finansieringen av olika projekt sker i stället direkt av producenterna.

I och med avregleringen av elmarknaden har fonderna för avfallshantering blivit en politiskt känslig fråga. Ett förslag som har kommit fram i debatten är att i stället inrätta en statligt kontrollerad fond.

Mellanlagring

Det använda kärnbränslet lagras i vattenfyllda bassänger vid respektive kärnkraftverk i väntan på upparbetning utomlands. De förglasade högaktiva resterna från upparbetningen och en mindre mängd använt kärnbränsle ska mellanlagras i det centrala mellanlagret Zwilag i Würenlingen i ungefär 40 år. Zwilag har nyligen tagits i drift och kan hållas i drift under den höga aktiviteten avfall och använda kärnbränsle som det schweiziska kärnkraftsprogrammet ger upphov till.

Upparbetning

Mycket, men inte allt, använt bränsle från de schweiziska kärnkraftverken upparbetas vid anläggningarna i Sellafield i Storbritannien och La Hague i Frankrike. Man räknar med att ungefär 2 500 ton av de drygt 3 000 ton som det schweiziska programmet genererar kommer att upparbetas. Av ekonomiska skäl är det inte längre lönsamt att upparbeta under den sista fasen av en reaktors livstid. De förglasade högaktiva resterna från upparbetningen skickas tillbaka till Schweiz. Resultatet blir drygt 2 000

behållare med förglasat avfall och 600 kapslar med använt bränsle som ska deponeras direkt.

Geologisk förvaring

Schweiz undersöker både granit och lera. De två underjordiska laboratorier i Grimsel (granit) och Mont Terri (lera) har varit till stor hjälp i detta arbete. Konceptet för slutförvaring av högaktivt avfall består av tunnlar och deponeringshål på 1 200 meters djup i kristallin berggrund eller på 500–800 meters djup i lera. Det förglasade avfallet placeras i en kapsel av stål som sedan omges av ett lager bentonitlera.

De första inledande översiktsstudierna för att finna en lämplig plats för ett förvar gjordes under 1980-talet. Undersökningarna fokuserade på granitformationer i norra Schweiz. Sju borrhål borrades och en rad undersökningar genomfördes.

Med denna studie i botten ansåg säkerhetsmyndigheten att det var tekniskt och säkerhetsmässigt genomförbart att bygga ett förvar. Men den federala regeringen ville ha ytterligare bevis för att det fanns en tillräckligt stor passande bergvolym. Regeringen ville också undersöka sedimentära bergarter.

I slutet av 1994 ansökte Nagra därför om att få starta två platsundersökningsprogram; ett i granit och ett i lera. Undersökningarna av granit koncentrerades till ett område i Aargau i norra Schweiz. Där gjordes en tvådimensionell studie av sprickstrukturen. Inga fler aktiviteter är planerade i detta område. Motsvarande undersökningar, fast denna gång i tre dimensioner, gjordes också i ett lerlager i Zürcher Weinland. Även detta område är beläget i norra Schweiz. På 400–900 meters djup finns där nära nog horisontella lerlager med en tjocklek som varierar mellan 100 och 120 meter. Att lerlagren är vågräta tyder på att området varit förskonat från rörelser i jordskorpan och därför borde vara en mycket lämplig plats för ett förvar.

Nästa steg i lokaliseringsprocessen blir att demonstrera att förvarskonceptet är genomförbart. Demonstrationen kommer endast att genomföras för alternativet lera och ska äga rum i Mont Terri. Projektet ska genomföras 2002–2005 och kommer därefter att utvärderas av säkerhetsmyndigheterna. Att schweizarna nu koncentrerar på lera innebär inte att granitalternativet har övergetts.

Spanien

Spanien skjuter upp allt lokaliseringsarbete till efter år 2010. Fram till dess ska så mycket kunskap fram om olika alternativ till direktdeponering att regeringen kan fatta ett beslut om hur det använda kärnbränslet ska tas om hand.

I Spanien finns nio reaktorer. Sju stycken är tryckvattenreaktorer och två stycken kokvattenreaktorer. Tillsammans står de för 31 procent av elproduktionen i landet. Den installerade effekten uppgår till 7 700 megawatt el. Den nuvarande nationella energiplanen gäller mellan 1991 och 2000 och innehåller inga nya kärnkraftverk. Om reaktorerna drivs i 40 år uppkommer 6 750 ton använt bränsle och 200 kubikmeter högaktivt förglasat avfall. Varje år tillkommer 160 ton använt bränsle.

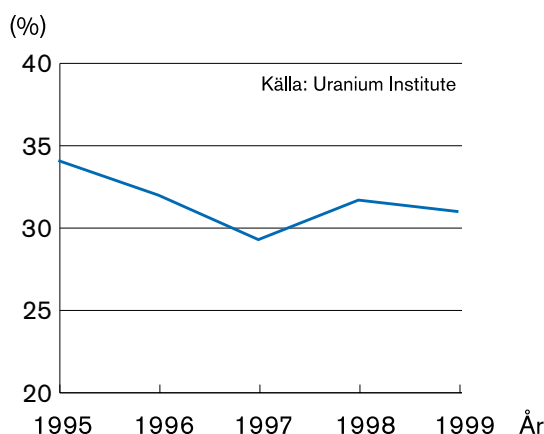
Strategi

Fram till 1983 var tanken att allt använt kärnbränsle skulle upparbetas. Denna linje övergavs av ekonomiska skäl till förmån för direktdeponering. För närvarande råder osäkerhet om den framtida inriktningen. En rad forsknings- och utvecklingsprojekt pågår inom såväl upparbetning och transmutation som direktdeponering. År 2010 är det meningen att så mycket underlag ska finnas framme så att regeringen kan fatta ett beslut om hur bränslet och restprodukterna från upparbetningen ska tas om hand.

Ansvarsfördelning

Ministeriet för industri och energi har hand om kärntekniska frågor och beviljar nödvändiga tillstånd. Verksamheten bedrivs av tre statsägda företag: Enresa, Enusa och Ciemat.

Enresa (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos) bildades 1984 och ansvarar för all hantering av radioaktivt avfall i Spanien. Företagets verksamhet definieras i den allmänna avfallsplan som varje år lämnas in till energi- och industriministeriet för godkännande.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Spanien 1995–99.

Endusa (Empresa Nacional de Uranio) anrikar uran och tillverkar bränsle.

Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) ansvarar för forskning och utveckling inom det kärntekniska området och ska ge tekniskt stöd till Enresa, CSN och ministeriet.

CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) sorterar också under ministeriet för energi och industri och är ansvarig myndighet för kärnsäkerhet och strålskydd.



Spaniens nio reaktorer står tillsammans för 31 procent av elproduktionen i landet.

Finansiering

Enresa tar emot avfall från stora avfallsproducenter mot en avgift. Avgiften utgör en viss procent av de totala intäkterna från försäljningen av elektricitet och används för att täcka kostnaderna för hantering av allt avfall som produceras från respektive anläggning.

Mellanlagring

Använt kärnbränsle lagras i bassänger vid kärnkraftverken i minst tio år. Lagringskapaciteten ska byggas ut genom i första hand tätpackning av bränsleelementen i bassängerna och i andra hand genom att man bygger nya torrlager. Planer finns också på att bygga ett centralt mellanlager för använt bränsle.

Upparbetning

Det använda kärnbränslet från den numera nedlagda reaktorn Vandellós-1 upparbetas i Frankrike. De förglasade högaktiva resterna från upparbetningen ska skickas tillbaka till Spanien. 1983 beslöt den spanska regeringen att upphöra med upparbetning. Skälet till detta var ekonomiskt. De låga priserna på uran gjorde det mer lönsamt att direktdeponera bränslet.

Geologisk förvaring

Spanien tänker direktdeponera sitt använda kärnbränsle och de högaktiva resterna från upparbetningen i någon geologisk formation. Granit, lera och salt är tänkbara alternativ. Inget speciellt koncept har utvecklats. De allmänna tankegångarna har varit att behållarna med bränsle eller högaktivt avfall skulle placeras på 850 meters djup i en saltformation eller på omkring 500 meters djup i granit. I de senare fallen skulle behållarna också packas in i ett lager av svällande bentonitlera. Arbetet pågår med en utformning av ett förvar i lera.

Ett program för att finna en lämplig plats startade 1986 med sikte på att ta ett förvar i drift runt 2025. Lokaliseringsprogrammet delades in i följande steg:

- Översiktsstudier för att ta fram områden med bra berggrund (salt, granit, lera)
- Förstudier för att utse regioner för alla tre formationerna
- 30 områden valdes ut för vidare studier. Alla tre formationerna är med och undersökningarna ska omfatta minst ett borrhål på varje ställe.
- Detaljundersökningar på den bästa platsen. Ett underjordiskt laboratorium ska dessutom byggas på den bästa platsen.

Men 1996 meddelade Enresa att tidpunkten för när förvaret ska tas i drift har skjutits upp på obestämd tid. Enresas senaste allmänna plan skjuter upp allt lokaliseringsarbete till efter 2010.

Detta har fått återverkningar på Enresas forsknings- och utvecklingsarbete. Den senaste planen innehåller alla de områden som har diskuterats internationellt på senare tid. Värt att notera är att speciella satsningar ska göras på såväl upparbetning och transmutation som direktdeponering. I tidigare planer har bara det senare alternativet diskuterats. År 2010 ska det finnas tillräckligt med underlag framme för att regeringen ska kunna fatta ett beslut. Med denna nya tidsplan kan inte ett geologiskt förvar tas i drift förrän tidigast någon gång mellan 2035 och 2040.

Storbritannien

Storbritannien upparbetar sitt använda kärnbränsle. Ännu finns inga konkreta planer på var och hur de högaktiva resterna från upparbetningen ska förvaras.

I Storbritannien, liksom i andra kärnvapenmakter, har utvecklingen av den civila kärnkraften varit en naturlig följd av de militära tillämpningarna. Idag finns där 35 reaktorer. Tillsammans har de en installerad effekt av 13 000 megawatt el och producerar 29 procent av landets el.

Strategi

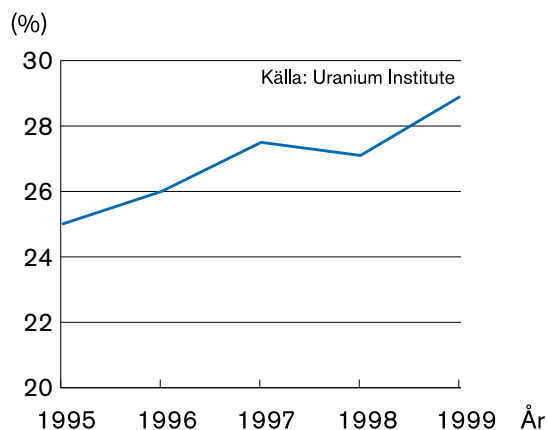
Det använda kärnbränslet betraktas som en resurs och upparbetas vid upparbetningsanläggningen i Sellafield, se vidare avsnittet om upparbetning. De högaktiva resterna ska förvaras på stort djup i en geologisk formation. Den brittiska regeringen har förklarat att det inte är någon brådska med att finna en plats för ett slutförvar, eftersom de högaktiva resterna ändå ska mellanlagras i minst 50 år.

Ansvarsfördelning

Statssekreteraren vid miljödepartementet och statssekreterarna från Skottland och Wales behandlar policyfrågor som rör hanteringen av radioaktivt avfall.

NRPB (National Radiological Protection Board) är ett rådgivande organ till regeringen.

RWMAC (Radioactive Waste Management Advisory Committee) är ett oberoende rådgivande organ som har till uppgift att stödja regeringen i frågor som rör radioaktivt avfall.



Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Storbritannien 1995–99.



I Sellafield upparbetas både inhemskt och utländskt använt kärnbränsle.

HMIP (Her Majesty's Inspectorate of Pollution) och motsvarande organ i Skottland och Wales ansvarar för att avfallsprogrammet ligger i linje med den nationella strategin.

NII (Nuclear Installations Inspectorate) reglerar lagringen av radioaktivt avfall på kärntekniska anläggningar.

Nirex bildades i början av 1980-talet av kraftindustrin efter en överenskommelse med regeringen. Organisationens uppgift är att utveckla förvar för låg- och medelaktivt avfall. Högaktivt avfall ligger dock inte inom Nirex' ansvarsområde.

BNFL (British Nuclear Fuel Limited) är ett företag som driver bränslefabriker och även upparbetningsanläggningen i Sellafield.

Finansiering

Kostnaderna för lagring av använt kärnbränsle vid kärnkraftverken, långtidslagring och slutlig deponering ska täckas av avfallsproducenterna.

Mellanlagring

Bränsleelementen i de brittiska reaktorerna byts ut efter ungefär fyra år. Före transporten till Sellafield lagras de i vattenfyllda bassänger vid kärnkraftverken. Vid kraftverket i Wylfa sker lagringen i luftkylda utrymmen. Väl i Sellafield lagras bränslet även där i väntan på upparbetning.

De förglasade resterna från upparbetningen, se avsnittet om upparbetning, paketeras i stålbehållare och lagras i luftkylda utrymmen i minst 50 år i väntan på att de ska deponeras i någon geologisk formation.

Upparbetning

Storbritannien upparbetar inte bara sitt eget använda kärnbränsle utan också bränsle från en rad andra länder. Särskilt Japan och Tyskland är stora kunder. Upparbetningstekniken har funnits i landet sedan början av 1950-talet. Då öppnade en liten anläggning i Windscale för att få fram plutonium till kärnvapentillverkning. Verksamheten utökades senare till civil produktion och anläggningen bytte namn till Sellafield.

Verksamheten i Sellafield sker i två anläggningar: Magnox och Thorp. I Magnox upparbetas bland annat bränsle från de äldre brittiska Magnoxreaktorerna. Anläggningen togs i drift 1964 och har en kapacitet av 1 500 ton per år. Över 40 000 ton använt bränsle har upparbetats där sedan starten. Thorp är nyare och togs i drift 1994. Där upparbetas bränsle från lättvattenreaktorer. Kapaciteten uppgår till 900 ton per år.

Upparbetningen ger upphov till flytande radioaktiva restprodukter. Dessa lagras först i ståltankar och överförs sedan till fast form genom att blandas med glasmassa vid hög temperatur. Största delen av det högaktiva avfallet i Sellafield befinner sig emellertid fortfarande i flytande form och lagras i stora tankar av stål.

Förglasningsanläggningen vid Sellafield togs i drift 1990. Det förglasade avfallet förpackas i stålbehållare och lagras sedan i luftkylda utrymmen i väntan på slutförvaring. Varje år tillkommer 400 kubikmeter förglasat avfall. Det upparbetade förglasade utländska avfallet ska skickas tillbaka till ursprungslandet. Sådana transporter har redan gått till Japan och Tyskland.

Geologisk deponering

Sökandet efter en plats att deponera det högaktiva avfallet på började i slutet av 1970-talet. I Skottland och senare i Oxfordshire borrades ett antal borrhål för att undersöka olika slags berggrund. Forskningsprogrammet avbröts emellertid 1989 på grund av protester från lokalbefolkningen.

Följande år meddelade den brittiska regeringen att i och med att mellanlagringen av de högaktiva resterna från upparbetningen ska pågå så länge som 50 år finns det ännu inte någon anledning att börja leta efter en lämplig plats för ett slutförvar.

Nirex har koncentrerat sina undersökningar för att finna en plats för ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall till Sellafield. Efter ett misslyckat försök att få tillstånd att anlägga ett underjordiskt berglaboratorium där tillsatte det brittiska överhuset en kommitté. Uppgiften var att granska hanteringen av använt kärnbränsle och att komma med rekommendationer om hur en platsvalsprocess för ett slutförvar ska bedrivas samt om hur ansvarsfördelningen inom avfallshanteringen borde organiseras för att fungera bra.

Kommittén lämnade sitt betänkande i mars 1999. De huvudsakliga slutsatserna var att den politik som hittills har förts är splittrad. En omorganisations krävs, anser ledamöterna. Det är ingen idé att försöka bygga ett slutförvar om det inte finns en samsyn i samhället att ett sådant behövs och var det ska ligga. En ny organisation med uppgift att finna en brett accepterad lösning bör inrättas. Det är också viktigt att ha en tydlig utförarorganisation.

Tyskland

En överenskommelse mellan kraftindustrin och den tyska regeringen har gjort framtiden osäker när det gäller hanteringen av det använda kärnbränslet. Upparbetning överges till förmån för mellanlagring, samtidigt som arbetet med ett geologiskt slutförvar i salt skjuts upp.

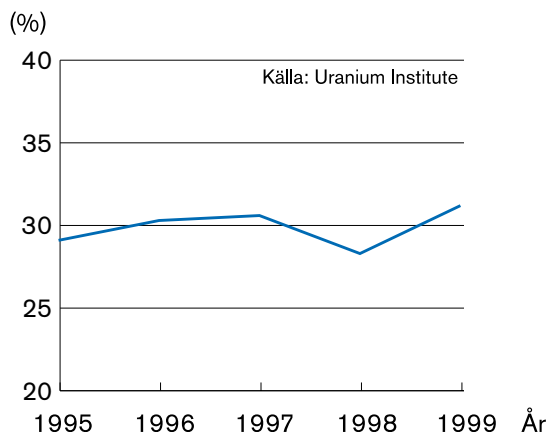
I Tyskland finns 19 reaktorer vid 14 olika kärnkraftverk. Tillsammans står de för över 31 procent av elproduktionen. Den installerade effekten uppgår till drygt 21 000 megawatt el.

Kärnkraftens framtid i Tyskland är osäker. Den sittande regeringskoalitionen, socialdemokrater och gröna, gick gemensamt till val med löfte om att avveckla kärnkraften. Regeringen och fyra kraftföretag gjorde i början av år 2000 en överenskommelse om att gradvis fasa ut kärnkraftverken. Var och en av de 19 reaktorerna ska stängas när de har producerat så mycket el som motsvarar en genomsnittlig drifttid av 32 år. Innan avvecklingen kan genomföras måste överenskommelsen godkännas av de andra kraftbolagen i Tyskland. Atomenergilagerna måste också ändras. Det är osäkert om det går att genomföra med den politiska majoritet som råder i förbundsdagen.

Strategi

Enligt den tyska policyn ska alla typer av radioaktivt avfall förvaras i djupa geologiska formationer. Fram till 1994 krävde lagen också att det använda kärnbränslet skulle upparbetas. Men därefter har det varit upp till kraftbolagen att bestämma om de vill uppbeta eller mellanlagra bränslet.

En saltformation i Gorleben har utsetts till platsen för det tyska slutförvaret.

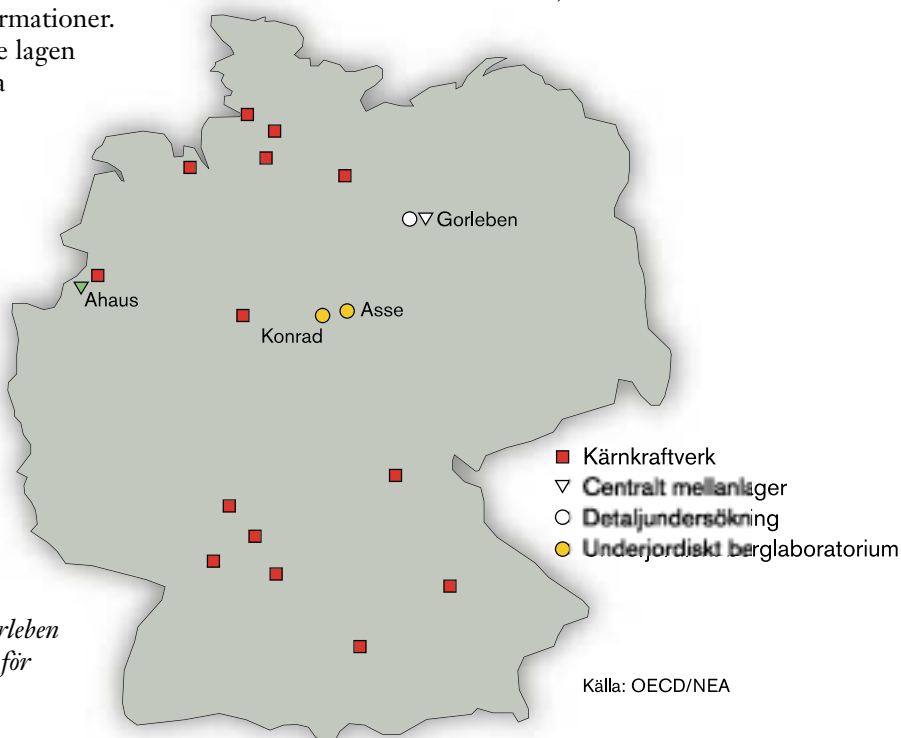


Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i Tyskland 1995-99.

Överenskommelsen mellan kraftindustrin och regeringen innebär att upparbetning ska upphöra i takt med att nuvarande kontrakt löper ut, om möjligt ännu snabbare.

Ansvarsfördelning

Enligt den tyska atomenergilagerna är det den federala regeringens ansvar att bygga anläggningar för slutförvaring av alla typer av radioaktivt avfall. Regeringen har delegerat denna skyldighet till BFS (Bundesamt für Strahlenschutz). BFS är en avdelning av BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).



DBE (Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH) ägs av kärnkraftsindustrin och har fått i uppgift av BfS att bygga och driva ett slutförvar.

De olika delstaterna ansvarar för tillståndsgivning för förvarsanläggningar.

BMW i (Bundesministerium für Bildung, Wirtschaft und Technologie) stöder forskningsinsatser om förvaring av radioaktivt avfall.

Till BMU:s och delstaternas hjälp finns en kommission för reaktorsäkerhet och en kommission för strålskydd.

Finansiering

Kraftproducenterna ska stå för alla kostnader som uppkommer vid hantering av använt kärnbränsle. Slutförvaringen är avgiftsfinansierad. Alla stora kraftproducenter bygger upp interna fonder för att klara kostnaderna. Grundläggande forskning finansieras av BMW i genom industrins forskningsfonder.

Mellanlagring

Sedan den första reaktorn startade i mitten av 1960-talet har över 7 000 ton använt bränsle uppkommit vid de tyska kärnkraftverken. Omkring två tredjedelar har upparbetats. Resten lagras i bassänger vid kärnkraftverken eller i centrala mellanlager. Det finns tre centrala anläggningar där det använda bränslet ska mellanlagras i upp till 40 år. Två av dem, Ahaus och Gorleben, är så kallade torra mellanlager som också tar emot förglasade högaktiva rester från upparbetning. Lagringskapaciteten för använt bränsle vid de båda anläggningarna är ungefär lika stor; 3 960 ton i Ahaus och 3 800 ton i Gorleben. Vid det nedlagda kärnkraftverket i Greifswald finns bassänger. Där byggs också ett nytt torrt mellanlager.

Avtalet mellan kraftindustrin och regeringen innebar också att bolagen förbinder sig att snarast bygga egna mellanlager vid de olika anläggningarna. Detta arbete har redan påbörjats. I slutet av 1999 togs det första lokala mellanlagret i drift vid kärnkraftverket i Obrigheim. Flera andra kraftbolag har också sökt tillstånd för att bygga sådana anläggningar.

Upparbetning

Fram till 1994 krävde den tyska atomenergilagen att allt använt kärnbränsle skulle upparbetas. Kraftbolagen har därför långsiktiga kontrakt till 2014 med både Cogema i Frankrike och BNFL i Storbritannien. Transporterna av använt bränsle till upparbetningsanläggningarna i La Hague och Sellafield började 1972, men avbröts 1998 på grund av att det visade sig att transportbehållarna inte klarade gränsvärdena för ytkontaminering. Förglasat avfall började skickas tillbaka till Tyskland 1996.

Geologisk deponering

Sedan tidigt 1960-tal har den tyska policyn varit att alla typer av radioaktivt avfall ska slutförvaras djupt under markytan. Samtidigt började översiktsstudier för att hitta lämpliga geologiska formationer.

Intresset inriktades tidigt mot salt. Forsknings- och utvecklingsinsatser om slutförvaring i saltformationer har bland annat genomförts i en nedlagd gruva i Asse. En viktig aspekt i detta arbete har varit att undersöka hur salt betar sig när det värms upp.

1977 utsåg delstatsregeringen i Niedersachsen saltdomen i Gorleben till plats för ett slutförvar. Två år senare började de geologiska undersökningarna för att kartlägga domens inre struktur och se vilka områden som är tänkbara för ett djupförvar.

I mitten av 1980-talet byggdes två schakt ner till nästan 900 meters nivå. Schakten förbands med en undersökningstunnel för geologiska experiment på 840 meters djup. Själva förvaret skulle byggas på 880 meters djup.

Hela den geologiska karteringen av Gorleben skulle vara klar år 2003. Denna skulle sedan följas av ett uttalande om domen var en lämplig plats för ett förvar och en säkerhetsanalys. Men överenskommelsen mellan kraftbolagen och regeringen innebär att programmet försenas. Undersökningarna i Gorleben avbryts och skjuts upp i mellan tre och tio år. Vissa obesvarade frågor när det gäller framtida planering och långsiktig säkerhet måste enligt överenskommelsen först klarläggas.

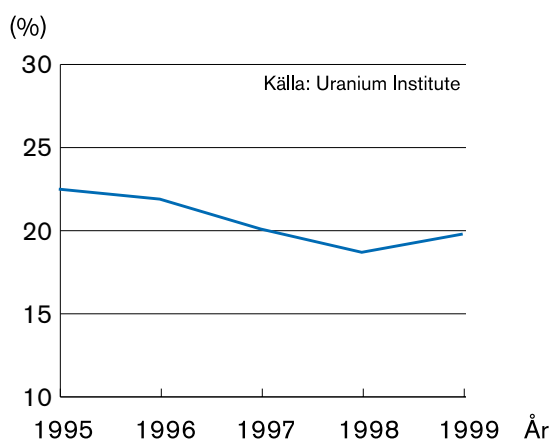
USA

USA är det land i världen som har överlägset flest kärnkraftreaktorer. Undersökningar pågår vid Yucca Mountain i Nevada för att se om det är en lämplig plats för ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Liksom i flera andra kärnvapenmakter utvecklades den civila kärntechnologin ur den militära. Det första kärnkraftverket i USA togs i drift redan 1957. I dag finns 104 reaktorer som tillsammans står för knappt 20 procent av elproduktionen i landet. Den installerade effekten uppgår till drygt 97 000 megawatt el. Det amerikanska kärnkraftprogrammet kommer att ge upphov till 87 000 ton använt kärnbränsle om den sista reaktorn stängs år 2040.

Strategi

Till skillnad från flera andra länder med stora kärntechniska program betraktas det använda bränslet som ett avfall och inte som en resurs. Bränslet ska deponeras på stort djup i en geologisk formation. Kongressen har utsett Yucca Mountain i Nevada till förvaringsplats, under förutsättning att säkerhetskraven kan tillgodoses.

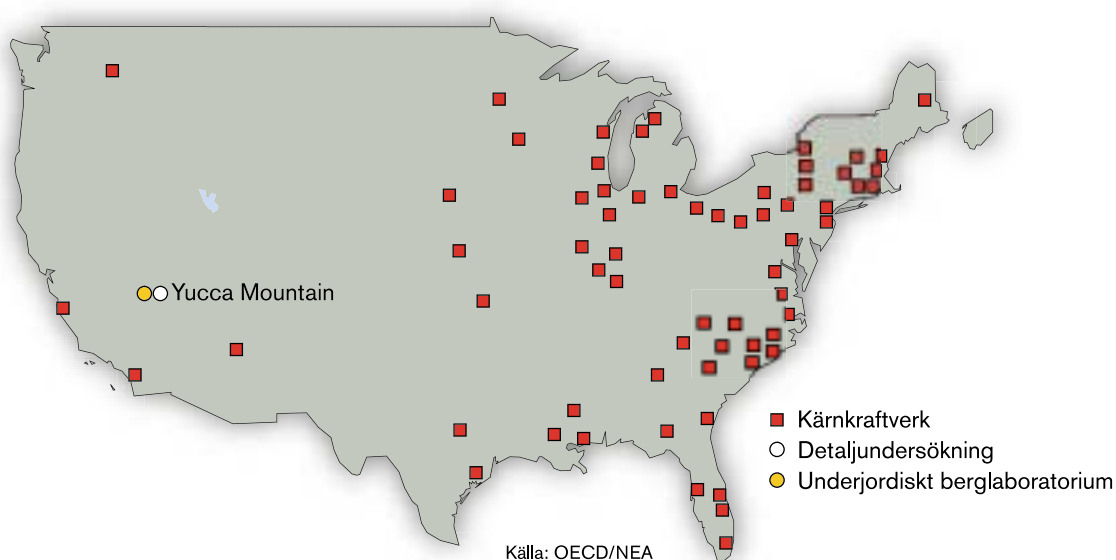


Kärnkraftens andel av den totala elproduktionen i USA 1995–99.

Ansvarsfördelning

US DOE (US Department of Energy) har enligt lag till uppgift att driva frågan om geologisk deponering, dvs att karakterisera berggrunden i Yucca Mountain och att utreda om förhållandena är lämpliga för att bygga ett förvar där, se vidare avsnittet om geologisk deponering. Även bränsletransporterna till förvaret faller inom USDOE:s ansvarsområde.

OCRWM (Office of Civilian Radioactive Waste Management) är den del av USDOE som har till uppgift att rent praktiskt planera, konstruera och driva ett system för deponering av använt bränsle.



Den amerikanska kongressen har utsett Yucca Mountain i Nevada till slutförvaringsplats för det använda kärnbränslet.

NWTRB (Nuclear Waste Technical Review Board) tillsattes av kongressen 1987 och har till uppgift att granska USDOE:s tekniska och vetenskapliga insatser när det gäller använt kärnbränsle. Organisationen rapporterar två gånger per år till kongressen och energiministern.

NRC (Nuclear Regulatory Commission) ansvarar för föreskrifter och tillståndsfrågor.

EPA (Environmental Protection Agency) sätter gränsvärden för vilka stråldoser från ett slutförvar som allmänheten maximalt får utsättas för.

Finansiering

Avfallsproducenterna är enligt lag skyldiga att finansiera omhändertagandet av det använda kärnbränslet. En avgift tas ut på varje producerad kilowattimme. Pengarna sätts sedan in i en särskild kärnavfallsfond.

Mellanlagring

Mellanlagringen av använt kärnbränsle är kraftproducentens ansvar fram till den tidpunkt då bränslet ska slutdeponeras. Lagringsutrymmet vid kärnkraftverken är på upphållningen. Alla kraftverk har redan tätpackat bränslet i bassängerna eller kommer att göra så inom en snar framtid. Flera anläggningar bygger därför torra förvar.

Frågan om ett centralt mellanlager har diskuterats flera gånger. I och med att Yucca Mountain är aktuell som förvarsplats har frågan om ett centralt mellanlager åter kommit i blickpunkten. NWTRB vill att ett sådant byggs i anslutning till förvaret och att detta ska kunna tas i drift år 2010. Motivet är främst att det är ekonomiskt fördelaktigt med ett centralt mellanlager när många kraftverk stängs. Hela kraftverket inklusive lagringsbassängerna kan då rivas samtidigt. Enligt NWTBR skulle ett centralt mellanlager behöva kunna ta emot 3 000 ton använt bränsle per år.

Geologisk förvaring

Arbetet med att välja ut en lämplig plats har pågått under många år. Redan 1957 föreslog den amerikanska vetenskapsakademien att radio-

aktivt avfall skulle slutförvaras i geologiska formationer. Från början var endast salt aktuellt, men så småningom inkluderades även andra typer av formationer. Nio platser i sex olika delstater studerades. Kriteriet denna gång var att marken ägdes av staten och att det redan fanns radioaktivt avfall lagrat där. På tre av dessa fortsatte mer ingående studier: Hanford (Washington), Deaf Smith County (Texas) och Yucca Mountain (Nevada).

1987 gav kongressen USDOE order om att endast studera Yucca Mountain i Nevada. Ett underjordiskt berglaboratorium började byggas där 1993. Laboratoriet består av en åtta kilometer lång tunnel. Förgreningar från denna kommer att byggas i ett senare steg.

1998 blev den första studien om Yucca Mountain klar. I den presenterades kända fakta, ett förslag till preliminär design av ett förvar och en redogörelse för vilka frågor som återstod att behandla. Regeringens slutsats blev att USDOE måste fortsätta sina studier och avgöra om platsen är lämplig för ett slutförvar. Om så skulle vara fallet kommer USDOE år 2001 att rekommendera att ett slutförvar byggs där. En tillståndsansökan kommer att lämnas in till NRC påföljande år tillsammans med en slutlig miljökonsekvensbeskrivning. Enligt de nuvarande långsiktiga planer som finns skulle förvaret kunna tas i drift tidigast år 2010.

Det som karakteriserar Yucca Mountain är att förvaret ligger över grundvattenytan. På så sätt bli risken för att radioaktiva ämnen ska föras upp till markytan med grundvattnet minimal. Förvaret ska byggas på 300 meters djup, vilket är ungefär 240 meter ovanför grundvattennivån. Berggrunden består av tuff, en vulkanisk bergart som bildades för ungefär 13 miljoner år sedan.

Kapseln för det använda kärnbränslet rymmer 21 bränsleelement från tryckvattenreaktorer eller 44 element från kokvattenreaktorer. Kapselväggen är uppbyggd av tio centimeter kolstål och ovanpå detta ligger ett två centimeter tjockt skikt av en nickellegering som korrosionsskydd. Kapslarna placeras på lastpallar av stål i tunnlar i förvaret. Eftersom förvarstunnlarna ligger över grundvattennivån använder man ingen buffertmassa. I stället skyddas kapslarna från takdropp av titanplåtar som omsluter kapseln.