

**Kunskapsläget på
kärnavfallsområdet
1992**

KASAM

STATENS RÅD FÖR
KÄRNAVFALLSFRÅGOR
National Council for Nuclear Waste

KASAM

STATENS RÅD FÖR
KÄRNAVFALLSFRÅGOR
National Council for Nuclear Waste

KASAM - Samrådsnämnden för kärnavfallsfrågor inrättades ursprungligen 1 juli 1985. I samband med en omorganisation 1 juli 1990 ändrades namnet till **KASAM - Statens råd för kärnavfallsfrågor**. Rådet består av en ordförande och högst nio andra ledamöter och utses av regeringen (miljödepartementet).

Ledamöterna representerar oberoende sakkunskap inom olika områden av betydelse för slutförvaringen av radioaktivt avfall, inte enbart inom teknik och naturvetenskap utan också inom ämnen som etik och juridik.

Rådet är formellt ett vetenskapligt råd som för närvarande finansieras genom ett särskilt anslag via Statens kärnbränslenämnd, SKN. I rådets direktiv ingår att på begäran vara rådgivande även åt de övriga myndigheterna inom kärnteknikområdet (Statens kärnkraftinspektion, SKI och Statens strålskyddsinstitut, SSI) i ärenden med anknytning till kärnavfallsområdet samt nedläggning och rivning av kärntekniska anläggningar. Cheferna för dessa tre myndigheter har närvarorätt vid rådets sammanträden.

Till rådets uppgifter hör också att vart tredje år till regeringen i en särskild rapport redovisa sin självständiga bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet.

Fr o m den 1 juli 1992 kommer KASAM att knytas direkt till miljö- och naturresursdepartementet.

Statens råd för kärnavfallsfrågor har för närvarande följande sammansättning:

Camilla Odhnoff (ordf.), fil. dr, landshövding
David Dyrssen, prof. em., kemi
Erik Eriksson, prof. em., hydrologi
David Gee, prof., geologi
Jorma Miettinen, prof. em., kärnkemi
Rolf Sandström, prof., materialteknologi
Anne-Marie Thunberg, teol. dr, etik
Clas-Otto Wene, prof., energisystemteknik
Lotta Westerhäll, prof., socialrätt

Rådets sekreterare är docent Tor Leif Andersson.

Sekr. adress: Vitriskestigen 5, 611 63 NYKÖPING

Telefon: 0155-21 54 40

Telefax: 0155-21 06 32

Maj 1992

**Kunskapsläget på
kärnavfallsområdet
1992**

1991 jan

Ög teglögöskenu teknískellatvorn 1991

Kommentus Förlag 757 2 008
ISBN 91-38-12749-0
Tryck: Graphic Systems AB, Göteborg 1992

Förord

Föreliggande rapport om kunskapsläget på kärnavfallsområdet är den fjärde i serien av rapporter från KASAM till regeringen. De tidigare rapporterna publicerades 1986 (ISBN 91-38-09767-2), 1987 (ISBN 91-38-09938-1) och 1989 (ISBN 91-38-12264-2).

KASAM försöker genom en serie seminarier att öppna en dialog mellan alla intressegrupper (för eller emot kärnkraft) som har ett seriöst intresse för kärnavfallsfrågor. Hittills har fyra sådana seminarier avhållits:

- Etiskt handlande under osäkerhet (september 1987)
- Den naturvetenskapliga kunskapsbasen för slutförvaringen av det använda kärnbränslet (september 1989)
- Beslut under osäkerhet (april 1990)
- Acceptans - Tolerans - Delaktighet (mars 1992).

Dokumentationen från de tre förstnämnda seminarierna finns publicerad i Statens kärnbränslenämnds serie SKN Rapporter som nr 28, 34 resp. 45. Dokumentationen från det fjärde seminariet håller på att färdigställas för publicering under hösten 1992.

En kort sammanfattning av det första seminariet (etikseminariet) gavs i kunskapslägesrapporten 1987.

I föreliggande rapport ägnas kapitel 1 och 2 åt sammanfattningar av det andra seminariet (kunskapsseminariet) resp. det tredje seminariet (osäkerhetsseminariet).

Kapitel 3 handlar om transmutation av kärnavfall, en teknik som diskuterats bland vetenskapsmän och forskare under några tiotal år utan att några större framsteg kunnat påvisas. På senare år har möjligheten att få tillgång till mycket höga neutronflöden vid stora accelerators (som utvecklats bl a inom "stjärnornas krig"-programmet i U.S.A.) gjort att diskussionen om transmutation som en tänkbar metod för att bli kvitt långlivat radioaktiva ämnen tagit ny fart. Ett internationellt specialistmöte hölls i Sverige i juni 1991 och kapitel 3 är ett försök att ge en populärt hållen sammanfattning av vad transmutationstekniken går ut på och hur den eventuellt skulle kunna påverka kärnavfallsfrågan.

Kapitel 4 ger en sammanfattning av hur man i några länder i vår omvärld - Finland, Kanada, Schweiz och U.S.A. - driver sina forskningsprogram inom kärnavfallsområdet. För varje land ges en beskrivning av organisationen på industrisidan och myndighetssidan, av hur man ser på platsvalsprocessen och hur man löst mellanlagringsfrågan.

Kapitel 5 beskriver riskbegreppet i ett socialt sammanhang. Riskpsykologin, som är ett relativt väl etablerat ämne, har visat oss att människor upplever risker på olika sätt och med olika grad av intensitet. På senare tid har forskning vuxit fram om hur socialt upprätthållna normer och värderingar kan påverka människors upplevelse av risker. Denna s k risksociologi kan därmed ge svar på exempelvis hur riskuppfattningar om kärnkraft och kärnavfall präglas av de grundläggande sociala konflikterna i ett samhälle.

Kapitel 6 slutligen innebär ett försök att sätta in lagar och förordningar inom kärnavfallsområdet i ett vidare perspektiv än man normalt är van vid. Jämförelser görs med de etiska principer som ligger till grund för lagstiftningen inom andra samhällsområden där vi har mera erfarenhet. På detta sätt vidgar KASAM perspektivet för sig själv, lagstiftarna och allmänheten.

Sammanfattningsvis kan sålunda konstateras att bortåt hälften av innehållet i denna kunskapslägesrapport avser annat än tekniska frågor. Detta illustrerar vilken stor vikt KASAM fäster vid de "mjuka" vetenskapernas (samhällsvetenskapernas) betydelse för kärnavfallsfrågan.

För underlaget till de olika kapitlen har följande personer svarat:

- Kapitel 1: Prof. Erik Eriksson (KASAM) och fil. dr Lars Persson (SSI)
- Kapitel 2: Teol. dr Anne-Marie Thunberg (KASAM)
- Kapitel 3: Docent Tor Leif Andersson (sekr. KASAM) och prof. Clas-Otto Wene (KASAM)
- Kapitel 4: Ing. Harald Åhagen, SINTAB
- Kapitel 5: Fil. dr Göran Sundqvist, SKN
- Kapitel 6: Teol. dr Anne-Marie Thunberg (KASAM) och prof. Lotta Westerhäll (KASAM)

Innehåll

1.	Om den naturvetenskapliga kunskapsbasen för slutförvaring av använt kärnbränsle.....	7
1.1	Inledning.....	7
1.2	KBS-3-metoden för slutförvaring av använt kärnbränsle i Sverige	7
1.2.1	Bränslematrisen.....	8
1.2.2	Kapseln.....	8
1.2.3	Bentonitlagret.....	8
1.2.4	Geosfären - närområdet.....	8
1.2.5	Geosfären - fjärrområdet.....	9
1.2.6	Biosfären.....	9
1.2.7	Säkerhetsanalysen	9
1.3	Kunskapsläget rörande förvaret	9
1.3.1	Fjärrområdet	10
1.3.2	Närområdet.....	11
1.3.3	Bentonitlagret.....	11
1.3.4	Kopparkapseln.....	11
1.4	Kunskapsläget rörande yttre faktorer	12
1.4.1	Klimat.....	12
1.4.2	Jordskalv.....	13
1.5	Kunskapsläget rörande naturliga analoger.....	13
1.6	Kunskapsläget beträffande säkerhetsanalysen.....	14
2.	Beslut under osäkerhet.....	15
2.1	Inledning.....	15
2.2	Seminarier.....	16
2.2.1	Tes 1.....	16
2.2.2	Tes 2.....	17
2.2.3	Tes 3.....	18
2.2.4	Tes 4.....	18
3.	Transmutation av högaktivt kärnavfall	20
3.1	Begreppet transmutation.....	20
3.2	Transmutation av långlivat avfall.....	20
3.3	Olika neutronkällor.....	22
3.4	Problemområden.....	24
3.5	Enbart avfallsförbränning eller energi-kombinat.....	25
3.6	U.S.A.	26
3.7	Ryssland.....	27
3.8	Japan	28
3.9	Övriga länder och organisationer.....	29
3.10	Uppskattade kostnader.....	31
3.11	Identifierade FoU-behov.....	31
3.12	Referenser.....	34
4.	Internationell kärnavfallsforskning, länderöversikter Finland, Kanada, Schweiz och USA.....	46
4.1	Inledning.....	46
4.2	Beskrivning av det finska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle.....	48

4.2.1	Organisation och bakgrund	48
4.2.2	Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Finland.....	50
4.2.3	Mellanlagring	52
4.3	Beskrivning av det kanadensiska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle.....	53
4.3.1	Organisation och bakgrund	53
4.3.2	Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Kanada.....	55
4.3.3	Mellanlagring	56
4.4	Beskrivning av det schweiziska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle.....	56
4.4.1	Organisation och bakgrund	56
4.4.2	Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Schweiz.....	59
4.4.3	Mellanlagring	60
4.5	Beskrivning av USAs program för omhändertagande av använt kärnbränsle.....	61
4.4.1	Organisation och bakgrund	61
4.4.2	Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i USA	64
4.4.3	Mellanlagring	67
4.5	Verksamhet inom internationella organisationer relaterat till kärnavfallsområdet.....	68
5.	Riskbegreppet i ett socialt sammanhang.....	70
5.1	Risk, chans och sociala normer.....	70
5.2	Risکانالys.....	70
5.3	Riskbedömning.....	71
5.4	Riskpsykologi.....	72
5.5	Risksociologi.....	73
5.6	Politiska ideologier och uppfattningar om miljörisker.....	75
5.7	Kunskapsociologi, värdekonflikter och risk.....	76
5.8	Kärnkraftens risker utifrån olika gruppers värderingar	79
5.9	Risکانمunication vid värderingskonflikter.....	81
5.10	Ett urval av risksociologisk litteratur.....	81
6.	Synpunkter på den rättsliga regleringen av joniserande strålning inom kärnenergiområdet.....	83
6.1	Gällande lagstiftning	83
6.2	Lagförslag	84
6.3	Rättslig analys	85
6.4	Rättslig reglering av joniserande strålning i ett internationellt perspektiv	87
6.5	Diskussion om etiska aspekter vid tillämpning av lagstiftning om joniserande strålning	90
6.5.1	Regler och värdeprinciper i strålskydds- och kärntekniklagstiftningen	90
6.5.2	Några begrepp från hälso- och sjukvårdslagstiftningen	91
6.5.3	Diskussion	91

1. Om den naturvetenskapliga kunskapsbasen för slutförvaring av använt kärnbränsle

1.1 Inledning

Hösten 1987 anordnade KASAM och SKN ett seminarium betitlat "Etiskt handlande under osäkerhet". En sammanfattning av detta seminarium - etikseminariet - ingår i KASAM:s rapport 1987 över kunskapsläget på kärnavfallsområdet. Under seminariet ifråga framkom olika uppfattningar om den naturvetenskapliga kunskapsbasen för slutförvaring av använt kärnbränsle. KASAM beslöt därför att ordna ett nytt seminarium med detta tema. Kunskapsseminariet hölls den 5-7 september 1989 i Saltsjöbaden. Deltagare i seminariet var - förutom KASAM:s ledamöter - ett 25-tal särskilt inbjudna personer ur vetenskapssamhället representerande discipliner av stor betydelse för slutförvar i berg (geologi, hydrologi, kemi, materialteknik etc.) samt sammanlagt ett 25-tal från berörda myndigheter (SKI, SKN, SSI), Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), från ett par miljöorganisationer och ett par politiska partier. Kunskapsseminariet har dokumenterats i SKN Rapport nr 34 "Finns det säkra svar..." En kort sammanfattning på engelska har även utgivits som SKN Rapport nr 53 "Is there a Definitive Answer?".

Som bakgrund för diskussionen användes det av kärnkraftindustrin presenterade KBS-3-systemet. I avsnitt 2 nedan ges en kortfattad beskrivning av huvuddragen i KBS-3. För en mera utförlig beskrivning hänvisas till SKBF/KBS rapport "Kärnbränslecykelns slutsteg", del I t o m IV.

I avsnitten 1.3-1.6 nedan ges i sammandrag en beskrivning av den bild av kunskapsläget som kom fram vid seminariet.

1.2 KBS-3-metoden för slutförvaring av använt kärnbränsle i Sverige

Forsknings- och utvecklingsarbetet för denna metod har inriktats på deponering av avfallet i kapslar med lång livslängd, placerade djupt ner i berggrunden. Högaktivt kärnbränsleavfall innehåller radioaktiva ämnen som skall avskärmas från biosfären under minst 100 000 år. Den viktigaste mekanismen för spridning av radioaktiva ämnen från slutförvaret är transport med strömmande grundvatten. Grundvattenrörelserna på större djup i berget är tämligen långsamma. De nuvarande planerna är därför att det använda kärnbränslet slutförvaras på ca 500 m djup i berggrunden i Sverige. Förvarssystemet som föreslagits består i princip av ett flertal sk barriärer som avses förhindra eller i varje fall fördröja spridning av radioaktivt material från slutförvaret till biosfären. Barriärerna kan liknas vid en serie skal som omger de radioaktiva substanserna. De inre skalerna är tekniska barriärer. Utanför dessa finns naturliga barriärer i en eller annan form. Inledningsvis

lämnas en översikt av de barriärer som ingår i KBS-3, med kort diskussion om varje barriärs roll och viktiga egenskaper för denna roll.

1.2.1 Bränslematrisen

Den innersta barriären är den keramiska matris i vilken kärnbränslet och bildade radioaktiva produkter är inlagrade. I närvaro av vatten sker en utlakning av dessa radioaktiva ämnen i en takt som bestäms av ämnenas löslighet. Uran-dioxiden är mycket svårlöslig i frånvaro av löst syrgas.

1.2.2 Kapseln

Det använda kärnbränslet "paketeras" i hermetiskt tillslutna kapslar. KBS-3 utnyttjar en kopparkapsel på grund av dess stabilitet i rent vatten. Dess livslängd beror på hur kapseln dimensioneras, på vattnets innehåll av frätande ämnen och på vattenomsättningen, d v s hur snabbt lösta produkter bortförs. Tilltron till kopparkapseln grundas i hög grad på termodynamiska data och att den kemiska sammansättningen av grundvattnet på aktuellt djup är förhållandevis väl buffrad genom jämvikter med omvandlade mineral. På grundval av uppmätta sulfidhalter och grundvattenförhållanden i undersökta delar av berggrunden har kopparkapslar av 10 cm tjocklek bedömts kunna förbli funktionsdugliga i miljoner år.

1.2.3 Bentonitlagret

I KBS-3 förvaras varje kapsel i ett eget borrarat hål i berget på det aktuella djupet. Kapseln omges av ett helt omslutande lager av bentonitlera som fixerar kapseln centralt i hålet, sväller vid vattenupptagning och skapar en stabil kemisk miljö kring kapseln och skyddar den dessutom vid mindre bergrörelser. Bentonit är en naturligt förekommande lera med väl kända egenskaper. Den har bildats genom vittring av vulkanisk aska.

1.2.4 Geosfären - närområdet

En naturlig barriär är berggrunden inom vilken slutförvaret är beläget. Den kan ur praktisk synpunkt indelas i närområdet och fjärrområdet. Det för slutförvar idealiska närområdet är en mindre bergmassa - en s k bergplint - avskild från övrigt berg genom väl utbildade sprickzoner. Dessa zoner kommer att verka som dränering för grundvattnet och begränsar därigenom vattenrörelser genom närområdet. Den transport av radioaktiva ämnen som kan förekomma sker huvudsakligen genom molekylär diffusion som kan förutsägas. Anordningen av sprickzoner tjänstgör som en s k hydraulisk bur, aktuell i ett förslag till ett alternativt slutförvarssystem. Sprickzonerna kan också dämpa effekten av bergrörelser på förvaret. När-

områdets skyddande inverkan kan höjas ytterligare genom tätning - injektering av bentonitlera - i sprickor som mynnar i förvarsutrymmena.

1.2.5 Geosfären - fjärrområdet

Radioaktiva ämnen som lämnar närområdet transporteras av strömmande grundvatten som förr eller senare når markytan och biosfären. Adsorption av dessa ämnen på mineralytor eller/och inom bergets finare porssystem fördröjer transporten jämfört med vattnets strömningshastighet. På grund av det pågående radioaktiva sönderfallet kommer denna temporära upplagring i berget att leda till minskad tillförsel av ämnena till markytan. Grundvattnets strömningmönster både lokalt och regionalt är väsentlig information för bedömning av flödesmönstret för radioaktiva ämnen från slutförvaret.

1.2.6 Biosfären

Biosfären kan ses som ett tunt skal på markytan. Radioaktiva ämnen i utströmmande grundvatten från ett slutförvar passerar biosfären varvid en del tillförs människor via föda. De radioaktiva ämnens flödesmönster i biosfären är visserligen komplext men icke helt okänt. Även på relativt kort sikt - 1000 år - kan ändringar ske i detta mönster, ändringar beroende på människans livsföring och hantering av naturresurser, ändringar svåra att förutse.

1.2.7 Säkerhetsanalysen

Utifrån skisserade förutsättningar skall säkerhetsanalysen visa om slutförvaret är säkert i den meningen att det inte medför oacceptabla hälso- och miljörisker, ens under mycket långa tidsrymder. I säkerhetsanalysen beskrivs slutförvarets funktion genom matematiska modeller vars tillförlitlighet till en del kan prövas experimentellt. Vid säkerhetsanalysen beräknas hur transporten av radioaktiva ämnen från slutförvaret sker beroende på yttre omständigheter, framförallt på klimat men även på händelser som ändrar modellernas funktion, exempelvis jordbävningar. Dessa omständigheter går inte att förutse annat än möjligen som sannolikheter. Därför krävs s k scenarier, d v s antagna händelsemönster. Med ett väl avvägt urval av sådana händelsemönster kan en meningsfull säkerhetsanalys genomföras.

1.3 Kunskapsläget rörande förvaret

Med ovanstående som bakgrund kom den fortsatta diskussionen att kretsa kring osäkerheter i den naturvetenskapliga kunskapsbasen för slutförvar av använt kärnbränsle. Denna del kan med fördel struktureras efter barriärer med början i

den yttersta, fjärrområdet. Efter denna genomgång kommer ett par avsnitt som behandlar de yttre omständigheter vilka påverkar slutförvarets funktion, nämligen klimat och berggrunds rörelser. Ett mindre avsnitt behandlar sk analoger och deras betydelse för validering av modeller i säkerhetsanalysen. Avslutningsvis kommer några synpunkter på säkerhetsanalysen och dess genomförande.

1.3.1 Fjärrområdet

Den kunskap som krävs för att förstå slutförvarets funktion rör för det första grundvattnets strömningsmönster i berggrunden, för det andra de kemiska processerna som ger grundvattnet dess sammansättning och för det tredje transporten av radioaktiva ämnen från förvaret till markytan - biosfären.

Grundvattnets strömningsvägar i berggrunden anses vara koncentrerade till enskilda sprickor och större sprickzoner. Matematiska modeller för denna strömning kräver tämligen detaljerad information om sprickornas förekomst, orientering och ledningsförmåga för vatten, information som torde vara ogörlig att anskaffa för den storskaliga - regionala - strömningsbilden. I regionskalan kan berggrunden te sig homogen mellan väl utbildade sprickzoner vilka kan betraktas som dränerings-system. Modellens strömningsmönster ger således besked om platser där radioaktivt material från förvaret kan tänkas nå biosfären. Men resultatet beror givetvis på vilka randvillkor som gäller. Nedisning kommer säkerligen att ändra strömningsbilden liksom permafrost. Dessa situationer måste studeras med hjälp av matematiska strömningsmodeller.

Bergrörelser av olika slag påverkar också grundvattnets strömningsmönster. Landhöjning ger en kontinuerlig om än svag störning som i det långa tidsperspektivet kan leda till avsevärda ändringar i strömningsmönster. Jordskelv kan påverka de parametrar som beskriver berggrundens ledningsförmåga för vatten. Även i detta fall krävs vidare forskning.

Under vattnets flöde genom berggrundens spricksystem kommer exponerade mineral att reagera med vattnet och med löst koldioxid. Primära silikatmineral bildades under helt andra temperatur- och tryckförhållanden än de nuvarande. De reagerar med vatten till nya mineral som är stabila under rådande förhållanden. Detta innebär vanligen att en del kalcium, magnesium, natrium och kalium går i lösning liksom även ferrojärn. Därvid ökar den sk alkaliniteten och pH-värdet. Vattnet blir svagt alkaliskt. Ferrojärn reagerar med löst syrgas till järnhydroxid. Vittringsprocesser längs strömningsbanorna i berget kommer således att så småningom förbruka all löst syrgas.

Allt detta är tämligen välkänt och rikligt dokumenterat. Kunskapsluckor finns fortfarande över vittringens hastighet men täcks efterhand. Förbrukningen av syrgas är en följd av vittring och dess avtagande med djupet kan därför också anvisa denna hastighet.

Det grundvattnet som passerar förvaret är således svagt alkaliskt - som mineralvatten - och är syrgasfritt. Under dessa förhållanden är bränslematrisen, urandioxiden, stabil men radioaktiva klyvningsprodukter kan givetvis lösas ut. De transporteras således med det strömmande grundvattnet. Under denna transport

adsorberas en viss andel av ett radioaktivt ämne - olika för olika ämnen - på mineralytor längs strömningsvägarna. Effekten av denna adsorption är en fördröjning av transporten till markytan - biosfären. Det finns tämligen riklig information om olika radioaktiva ämnens adsorptionsbenägenhet på olika mineral uttryckt som fördelningskoefficienter vid jämvikt. Men för tillämpning på bergets spricksystem krävs även information om tillgängliga adsorptionsytor längs strömningsvägarna. Den informationen går att erhålla bl a genom spårämnesförsök.

1.3.2 Närområdet

I närområdet förutsätts mycket svaga grundvattenrörelser på grund av den avskärmning som de omgivande sprickzonerna medför. Modeller för strömningen blir möjligen en relativt trogen bild av verkligheten om spricksystemet kan kartteras i detalj. En viss kontroll av flödet i spricksystemet kan erhållas genom injektering av bentonitlera på aktuella ställen. Några egentliga kunskapsluckor rörande grundvattenströmning i närområdet finns knappast; den information som behövs bör kunna erhållas med tillgänglig undersökningsmetodik.

Vattnets kemi i närområdet skiljer sig inte principiellt från kemin i det omgivande grundvattnet. Det bör rimligen vara svagt alkaliskt och syrgasfritt. Grundvattnets transportförmåga av radioaktiva ämnen från slutförvaret bestäms i första hand inte av dess strömningshastighet utan av hur stort läckaget av radioaktivt material är; med andra ord av källstyrkan. Om grundvattenomsättningen är liten blir koncentrationen hög; är omsättningen snabb blir koncentrationen låg. En låg grundvattenomsättning skapar emellertid ett större upplag radioaktivitet i närområdet vilket tar tid. Låg vattenomsättning leder till en fördröjning av transporten. Värdet av denna fördröjning torde emellertid vara ringa för de långlivade transuranerna.

1.3.3 Bentonitlagret

I vattenmättad bentonitlera är vattenströmning praktiskt taget utesluten även vid måttliga tryckgradienter. Därför kan endast molekyllär diffusion transportera utläckande radioaktiva ämnen, allt förutsatt att bentonitlagret är intakt. Bentonitlera har en mycket stor aktiv yta och kommer att fungera dels som jonbytare, dels som adsorptionsmedium med mycket stora fördelningskoefficienter. Dess effektivitet i dessa avseenden studeras experimentellt. Några väsentliga kunskapsluckor torde inte finnas för denna barriär.

1.3.4 Kopparkapseln

Koppar kan oxideras av syrgas i vatten. På det aktuella djupet är vattnet syrgasfritt såvida inte radiolys inträffar. En syrgasfri miljö ger koppar hög stabilitet. Beträf-

säkert slutförvar varit uppfyllda. Men analogen kan upplysa oss om vilka processer som är verksamma i ett förvar om det inrättas i en berggrundsmiljö som överensstämmer med den naturliga analogens miljö.

1.6 Kunskapsläget beträffande säkerhetsanalysen

Säkerhetsanalysen kan diskuteras ur två perspektiv: det tekniskt-vetenskapliga perspektivet och processperspektivet. I det förra står metoder och modeller för analys av förvarets säkerhet i centrum, i det senare aktörer. Diskussionen vid seminariet fördes främst ur det tekniskt-naturvetenskapliga perspektivet.

Man kan identifiera tre typer av osäkerheter som måste behandlas i systemanalysen: parameterosäkerhet, modellosäkerhet och scenarieosäkerhet.

Parameterosäkerhet uppkommer på grund av svårigheter att mäta vissa parametrar tillräckligt noggrant. Systemanalytikern kan hantera dessa osäkerheter, t ex genom Monte Carlo beräkningar med probabilistic Safety Analysis Models. Sådana modeller finns tillgängliga både vid SKB och SKI.

Modellosäkerhet avser osäkerheten om vilka modeller som är tillämpliga för att beskriva fenomen och relationer mellan olika element i slutförvaret. Dessa osäkerheter hanteras genom valideringsprocessen i det tekniskt-naturvetenskapliga samhället. Såväl SKI som SSI deltar i internationella samarbetsprojekt för validering av geosfärs- och biosfärsmodeller.

Det pågår utveckling av metodik för att hantera scenarieosäkerhet. Process/händelseträdd är en teknik för att systematisera genereringen av scenarier. Man kan också systematisera scenarierna med utgångspunkt från de olika naturliga och tekniska barriärerna. På samma sätt som inom reaktorsäkerhet kan man använda scenarieanalysen för att generera en familj av konstruktionsstyrande scenarier, vilka sedan kan användas för att sätta upp strikta säkerhetskrav för förvaret. Ett betydande arbete återstår emellertid. Här liksom vid all riskanalys är en fullständig beskrivning av alla möjliga scenarier omöjlig att uppnå. Det är därför viktigt att göra scenariearbetet till en öppen process med deltagande av aktörer såväl inom som utom det naturvetenskaplig-tekniska samhället.

2. Beslut under osäkerhet

2.1 Inledning

Vid två av de seminarier KASAM anordnat i samarbete med SKN har begreppet osäkerhet ingått i temat, dels vid det första 1987, "Etiskt handlande under osäkerhet", dels vid det tredje 4-6 april 1990, Osäkerhet och beslut. Som redan nämnts i första kapitlet har termen osäkerhet sin särskilda betydelse i relation till kärnavfallsfrågan, nämligen det långa tidsperspektivet för förvaring av använt kärnbränsle - osäkerheten är ofrånkomlig. Samtidigt måste det, som också framgått vid seminarierna, också i detta fall bevara sina rimliga proportioner genom insikt om att beslut endast undantagsvis kan fattas på ett så säkert underlag - hållfastheten för framtiden går sällan att avgöra.

Därtill kommer att osäkerhet inte med nödvändighet alltid är något negativt. Vid det första seminariet framhölls t ex av den medverkande historikern, att osäkerhet om samhällsutvecklingen utgör en värdefull ingrediens i vår demokrati - förutsatt att samhället samtidigt präglades av tillit till och konsensus om vissa grundläggande värden ("en demokratisk samhällssyn, en humanistisk människosyn och en miljömedveten framtidssyn"). Säkerhet om samhällsutvecklingen kan vinnas endast till priset av att utvecklingen låses, förnyelsemöjligheterna täpps till, öppenhet ersätts av slutenhet och rigorös övervakning. "Osäkerhet" som ett viktigt perspektiv på den egna verksamheten gäller även kunskapsutvecklingen och innebär t ex positivt en beredskap att kritiskt granska och att ge tidigare 'säker' kunskap en annan vikt, när sammanhangen vidgas och nya faktorer tillkommer.

Grundtanken för de tre seminarierna har varit en enkel modell för beslutsfattande. Enligt denna är två faktorer avgörande för hur vi fattar beslut, t ex i politiska frågor - enighet torde råda om att kärnavfallsfrågan är en både teknisk och politisk fråga, även om tyngdpunkten på orden teknisk och politisk kan läggas olika. Å ena sidan handlar det om vilka mål samhället vill uppnå och vilka värderingar som bör styra den verksamhet besluten gäller. Å den andra om kunskap och i sammanhanget relevanta fakta, d v s fakta som avgör om och hur målen kan uppfyllas, hur värderingarna kan tillgodoses.

Förenklat uttryckt behandlade de två första seminarierna separat var och en av dessa två faktorer: etikseminariet mål-värderingar-etik, det andra den naturvetenskapliga kunskapsbasen. Huvudfrågan för seminariet Osäkerhet och beslut gällde hur man i beslutsprocessen skall väga samman värderingar och fakta. Frågan tillspetsas, när det som beträffande kärnavfallet är så uppenbart, att fullständig eller vad vi kan kalla säker kunskap om alla relevanta fakta inte står till förfogande vid det nödvändiga beslutstillfället.

Eftersom det är av vikt också för beslutsprocessen finns det skäl att även här lyfta fram att etikseminariet på detta dilemma sökte en formulering, som tar hänsyn både till i vårt samhälle grundläggande värderingar och den påtagliga kunskapsosäkerheten i det långa tidsperspektivet. Beslutet måste präglas av öppenhet:

"Ett slutförvar bör utformas så att det dels gör kontroll och åtgärder onödiga, dels inte omöjliggör kontroll och åtgärder. Vår generation bör med andra ord inte

lägga ansvaret för slutförvaret på senare generationer men bör å andra sidan inte heller beröva kommande generationer deras möjlighet att ta ansvar.”

Målsättningen är enligt citatet dubbel: driftssäkerhet och reparerbarhet, kontroll obehövt men samtidigt möjlig, förvar under säkrast möjliga former men också utrymme för förändring.

2.2 Seminariet

Seminariet Osäkerhet och beslut, dokumenterat i SKN Rapport 45 (1991), ägnades främst beslutsteoretiska frågeställningar med speciell hänsyn till kärnavfallsfrågor. Varje ämne fick en ingående belysning i föredrag och i diskussioner mellan inbjudna vetenskapsmän och företrädare för samtliga myndigheter på kärnenergiområdet. Det sammanfattande resultatet kan betecknas som en problematisering av beslutsfrågan i relation till förvaring av kärnavfall. Det kan därför vara naturligt att söka sammanfatta seminariet i form av några teser, vilka knyter an till samtliga föreläsningar vid detta inom kunskapsområdet beslutsteori.

2.2.1 Tes 1

Den första tesen ansluter sig till historikern Jan Thelanders bidrag Den sjunkna tärningen - om kunskapsosäkerhet vid samhälleliga framtidsbedömningar och lyder:

Sedd i ett samhällsperspektiv är kunskapsosäkerhet en ofrånkomlig och ofta konstruktiv faktor. Den är en naturlig beståndsdel av samhällets sätt att fungera.

Thelander hänvisade bl a till den tyske sociologen Jürgen Habermas diskussion om olika rationalitetsbegrepp, främst instrumentell och kommunikativ rationalitet. Analysen av dessa begrepp utgör för Habermas ett led i dennes kritik av det moderna samhället och dess tendens att ensidigt fokusera på målinriktad och instrumentell aktivitet. Mot denna ensidighet ställer Habermas ett rationalitetsbegrepp som har flera dimensioner - den instrumentella, som syftar till kontroll, är endast en, och den klarar inte att hantera den osäkerhet som är konstitutiv för samhället. Den kunskap de olika formerna av rationalitet gäller är dock densamma.

Jan Thelanders poäng med att lyfta fram rationalitetsbegreppets olika dimensioner var att den typ av osäkerhet, som utmärker samhället, också gäller av människor konstruerade system. Dessa är alltid en del av och avsedda att fylla en funktion i det mer omfattande samhällssystemet. Denna osäkerhet kan endast hanteras genom den kommunikativa rationaliteten, d v s en rationalitet som utvecklas i samspelet mellan människor, då de kritiskt granskar varandras argument. Det förutsätts naturligtvis då att argumenten är grundade på kunskap. Målet är inte att nå säkerhet i någon absolut mening. Det är främst att komma fram till samstämmighet, ett bejakande, en inbördes förståelse som kan leda till handling.

Mot denna här kort antydda bakgrund kan den första tesen kvalificeras genom ett tillägg:

Osäkerheten blir en konstruktiv faktor i samhället, endast om den ingår i en kommunikationsprocess, i vilken vi vinner ökad säkerhet genom ökad ömsesidig förståelse. En sådan förståelse utgör grunden för den consensus, utan vilken gemensam handling är omöjlig.

Detta är fråga om en fortgående, aldrig avslutad process

2.2.2 Tes 2

Med hjälp av teorier och regler inom beslutsteorin går det att komma ett stycke på väg för att förstå beslutsprocessen. De traditionella beslutsteoriernas roll är dock begränsad till att utgöra verktyg för att strukturera eller bearbeta beslutsproblem och för att analysera argumenten i beslutsprocesser.

Stöd för denna tes finns att hämta i flera av bidragen till seminariet. Det gäller den översiktliga introduktion av beslutsteoretiska frågeställningar och tankegångar Sven Ove Hansson gav under rubriken Beslutsteori och kärnavfall. Beslut i kärnavfallsfrågan måste, enligt den slutsats Hansson drog av sin analys, tas mot bakgrund av delvis men inte fullständigt kända sannolikheter. Därmed står vi inför ett beslut, som måste fattas under osäkerhet (det näst nedersta steget på den kunskapstrappa Hansson skisserade - säker kunskap, risk, osäkerhet, okunskap). För ett beslut av denna art utgör beslutsteorin, framför allt i sina mer matematiska utformningar, ett försök att skapa en förenklad modell av verkligheten. "Jag tror att kärnavfallsfrågan är ett exempel på en praktisk beslutssituation som är ännu mycket mer komplicerad än vad de beslutsteoretiska modellerna är. Vi måste därför alltid vara medvetna om att om vi tillämpar beslutsteorin för att söka få reda i problemet, så är det en ganska kraftig förenkling vi gör" (SKN rapport 45, s 50).

På samma linje låg bidraget Rationella beslut under osäkerhet - eller hur man skall handla i blindo av Wlodzimierz Rabinowicz, teoretisk filosof, och diskussionen kring detta. Det finns enligt Rabinowicz inte några tillfredsställande beslutsregler under "olöst konflikt", d v s i de fall då det just råder osäkerhet om sannolikheterna för olika alternativs möjliga utfall och/eller hur dessa skall värderas - alltså inte heller i kärnavfallsfrågan. Beslutsteoretikern kan inte nå längre än till att förse beslutsfattaren med en rad begreppsliga verktyg att använda. Saken uttrycktes också så att beslutsteorins relevans för praktiskt beslutsfattande bör ses som indirekt, d v s just att tillhandahålla verktyg för att tänka kring konkreta beslutsproblem. Problemen måste bli tydliga. Detta är desto viktigare, som kärnavfallsfrågan kommer att kräva en rad beslut, spridda inom en 20-årsperiod, Varje nytt beslut kommer med säkerhet att påverka följande beslut mer eller mindre. Därmed ställs också stora krav på tydlighet i varje enskilt delbeslut.

Intressant nog drogs vid seminariet en parallell till "domstolsmodellen". Parter presenterar sina argument inför en eller flera beslutsfattare. Dessa fattar sedan beslut på grundval av den information som presenterats för dem och ger en motivering för sitt beslut. På en direkt fråga bejakade Rabinowicz, att en sådan modell inte står i motsatsställning till beslutsteorins principer. Det ligger nära till hands att här associera till det tidigare nämnda kommunikativa rationalitetsbegreppet och den

vikt, som enligt detta tillmättes den kritiska granskningen av varandras argument. Den beslutsteoretiska analysen syftar för övrigt just till att redovisa grunderna för de faktorer och överväganden som är relevanta för ett beslut.

2.2.3 Tes 3

Denna tes bygger på sessionen kring bidraget Numeriskt oprecisa sannolikheter och ändliga beslutssituationer av Per-Erik Malmnäs, teoretisk filosof. Den kan formuleras i två satser:

- a) Sannolikheten för att en rad möjliga händelser skall inträffa behöver inte preciseras siffermässigt.
- b) Där en faktisk osäkerhet finns, bör den inte rationaliseras bort med subjektiva sannolikhetstal. Osäkerheten måste med andra ord öppet redovisas, när beslut fattas mot bakgrund av kunskapsbrist.

Denna dubbla tes utvecklades vid seminariet på hög teoretisk nivå. Malmnäs underbyggde den för sin del genom att överge den traditionella synen på rationalitet och beslutsteori, nämligen bl a att börja med att bestämma sannolikheterna för följderna av olika handlingsalternativ. I stället valde Malmnäs att starta med att överväga vilka beslutsregler man skall använda. Först därefter kommer avgörandet om och hur preciserade värden och sannolikheter kommer att påverka beslutet. Med denna tankemodell minskas radikalt behovet av precision.

Därmed aktualiseras också frågan, om vi har överskattat behovet av exakthet i informationen om sannolikheten för vissa händelser. En sådan exakthet är inte nödvändig för att vi skall kunna fatta beslut. Däremot kan det finnas behov av subjektiva sannolikhetsbedömningar. Dessa utgör dock då främst ett inslag i kommunikationsprocessen och fungerar mera som ett verktyg för att klargöra argument än som ett uttryck för någon 'absolut' sanning. Osäkerheten förefaller vara konstitutiv för åtminstone vissa beslut.

2.2.4 Tes 4

Denna tes gäller den moralfilosofisk-etiska delen av seminariet, inledd av Torbjörn Tännsjö, praktisk filosof, med en belysning av ämnet Identifiering av värdet av ett möjligt utfall av beslut i kärnavfallsfrågan. Tesen formuleras i vad som närmast kan kallas ett konfliktperspektiv, bortsett från enighet vid seminariet kring motivet för denna session: att etisk teori och etisk analys är en viktig och ofrånkomlig del av beslutsprocessen.

Å ena sidan stod vad Tännsjö formulerade med orden en "tidsneutral hedonistisk hållning" till bestämningen av vad nytta är i de nyttokalkyler vi gör. Innebörden är att ett utfall blir bättre ju mer lycka det ger upphov till och sämre ju mer lidande det ger upphov till, oavsett när i tiden denna lycka eller detta lidande uppstår.

På den andra sidan stod hållningen att definitionen av lycka förutsätter etiska ingångsvärden, t ex värdet av att utöva ansvar, äga handlingsfrihet och autonomi, respektera rättvisa och jämlikhet - värden av detta slag ingår för övrigt också i vissa välfärdsteorier och i föreställningen om vad ett gott liv är. Konsekvenserna måste med andra ord också beräknas med medveten hänsyn till vad som kan komma att ske även över generationer med de värden vi hävdar i samhället. Dessa värden måste då även ingå i en avvägning mellan olika risker och möjligheter, där avgörandet till sist blir vilken vikt vi ger olika värden över tid.

Motsättningen mellan de två hållningarna ligger alltså inte i att den ena skulle bortse från konsekvenserna och överhuvud inte göra nyttokalkyler. Snarast ligger den i synen på vilka komponenter, som bör ingå i nyttokalkylen.

I denna fråga förhåller sig beslutsteorin i princip neutral. Frågan ställdes dock om inte beslutsteorin favoriserar en renodlad konsekvensetisk moralsyn, d v s en syn som för handlingars riktighet lägger vikt huvudsakligen vid deras konsekvenser. Andra etiska överväganden skulle däremot ha svårare att göra sig gällande. Svaret blev dock (Rabinowicz), att det är väl förenligt med de vanliga beslutsteoretiska principerna att ta hänsyn till och låta beslut påverkas av andra värden än dem man vanligen associerar till en konsekvensetisk moralsyn. Dock kan beslutsteorin sägas favorisera ett konsekvensetiskt perspektiv framför ett deontologiskt, som drar in värdena som en faktor i sin egen rätt i konsekvensanalysen. Favoriseringen sker genom talet om rationalitet som maximering och optimering av vissa värden.

Genom att lyfta fram beslutsteoriernas betydelse för att ge verktyg för att beskriva hur vi faktiskt resonerar och för att genomlys argumenten, när vi fattar beslut, förefaller seminariet i sin helhet ha öppnat väg för en vidgad dialog om vilka värderingar och vilken moralsyn, som medvetet eller omedvetet ingår/bör ingå som underlag för ett beslut. Skillnaderna mellan olika uppfattningar kan tänkas framstå i en mindre skarp dager, om tid avsätts för att genomlys och ge och ta argument.

Det var till sist en konstruktiv tankeställare, att det vid seminariets moralfilosofiska session diskuterade värdet av framtida människors handlingsfrihet enligt den formulering som givits vid etikseminariet visade sig kunna ingå som en komponent i en nyttokalkyl på två olika sätt. Dels kunde den ingå i kraft av det instrumentella värde denna princip kan ha - vår generation kan göra fel och kommande generationers handlingsfrihet kan ha värde som medel för att undvika framtida skador. Dels kan den höra hemma i nyttokalkylen i kraft av att den utgör ett värde i ett i vid mening gott liv.

3. Transmutation av högaktivt kärnavfall

Möjligheterna till transmutation av långlivade nuklider i radioaktivt avfall till stabila eller kortlivade nuklider har sedan flera decennier tillbaka varit en tanke som kittlat kärnforskarnas fantasi. De praktiska framgångarna inom området har dock varit mycket begränsade och transmutation av radioaktivt avfall har knappast diskuterats på allvar utanför den närmaste forskarkretsen.

Under de senaste två tre åren har dock transmutation börjat nämnas allt oftare i en allt bredare krets. Vad är skälen till detta - och vad är egentligen transmutation? Många ställer sig dessa frågor och KASAM vill med detta avsnitt i sin kunskapslägesrapport försöka ge svar i en populärt hållen form.

3.1 Begreppet transmutation

Med transmutation menas i kärnfysikaliska sammanhang att ett grundämne bringas att övergå till ett annat grundämne. För att en sådan process skall kunna ske måste atomkärnan påverkas.

Atomkärnan är uppbyggd av två slag av byggstenar (elementarpartiklar), protoner och neutroner. Det är antalet protoner som avgör vilket grundämne det är, eftersom protonantalet bestämmer kärnans laddning och därmed även antalet elektroner som skall kretsa runt kärnan.

Olika nuklider av ett och samma grundämne har samma antal protoner men olika antal neutroner i kärnan.

En ändring i antalet protoner i kärnan (och därmed en ändring av grundämne) kan ej åstadkommas med kemiska metoder. Man måste på något sätt låta kärnan bli föremål för en kärnreaktion. En sådan kan initieras av olika slag av laddade eller oladdade partiklar eller av fotoner (t ex gammastrålning).

3.2 Transmutation av långlivat avfall

Det som gör transmutationstekniken intressant i samband med hantering av kärnavfall är framförallt att den ställer i utsikt en möjlighet att transmuttera långlivade radioaktiva nuklider till kortlivade eller stabila sådana. Tidsperspektivet för funktionen hos ett slutförvar för avfallet skulle då kunna reduceras avsevärt i längd - kanske från tiotusentals år till några tiotals år.

Transmutation har hittills huvudsakligen diskuterats i samband med sk upp-
arbetsavfall, dvs avfall från upp-
arbetning av använt bränsle från kärnkraftverk (civilt avfall) eller från produktionsreaktorer för vapenplutonium (militärt avfall).

I upp-
arbetsanläggningen tar man till vara oförbrukat bränslematerial och

nybildat plutonium (Pu-239) som kan användas för tillverkning av nytt reaktorbränsle. Avfallet innehåller två huvudgrupper av ämnen:

- dels fissionsprodukter (klyvningsprodukter), d v s ämnen som uppstått när urankärnor i bränslet sönderfallit vid kärnklyvningen
- dels s k transuraner, d v s ämnen i det periodiska systemet, vars kärnor är tyngre än uranets. De uppstår när neutroner i reaktorn absorberas i urankärnor utan att ge upphov till klyvning (inte minst bildas de vid absorption i den rikligt förekommande nukliden U-238, som ej kan klyvas av de lågsamma [lågenergetiska] neutroner som är förhärskande i de s k termiska reaktorerna).

För fissionsprodukterna gäller att de som regel är mycket instabila (har kort halveringstid) direkt efter att de bildats. Detta beror på att de har alltför hög halt av neutroner i kärnan. Neutronhalten är ju anpassad för att den betydligt tyngre ursprungskärnan skall vara någorlunda stabil. Fissionsprodukternas kärnor försöker då nå stabilare tillstånd genom s k betasönderfall, vilket innebär att en neutron "omvandlas" till en proton under utsändande av en betapartikel (elektron). Kärnan får på så sätt en neutron mindre och en proton mer och efter ett antal sådana sönderfall blir kärnan stabilare och i bästa fall helt stabil (inte längre radioaktiv). Exempel på sådana slutprodukter är bl a ett antal s k sällsynta jordartsmetaller, som är mycket sparsamt förekommande i naturen. Dessa kan då levereras som en biprodukt från uppberedningsanläggningen.

Eftersom reaktorbränslets kärnor kan klyvas på ett stort antal olika sätt - man kan säga att den ursprungliga kärnans massa vid klyvningen fördelar sig på de båda fissionfragmenten i olika proportioner - får man ett stort antal fissionsfragment med olika masstal. Varje sådant slag av fragment har sin sönderfallskedja. Alla dessa sönderfallskedjor leder inte till ett "snabbt lyckligt slut", d v s till en stabil slutprodukt. Det finns ett antal "sorgebarn" - d v s långlivade radioaktiva nuklider - som fungerar som "bromsklossar" vad gäller avklingningen av fissionsprodukternas samlade radioaktivitet.

I tab. 3.1 ges en förteckning över de fissionsprodukter som bildas i en 1000 MW_{e1} tryckvattenreaktor (PWR) och har halveringstider på minst 25 år. Det är alltså ett tiotal nuklider som bidrar till att man får ett långlivat fissionsproduktsavfall. Viktiga "problem-nuklider" är bl a Tc-99 (teknium) och J-129 (jod).

Transuranerna kallas ibland aktinider, eftersom de ämnen tyngre än uran som bildas i kärnbränslet alla tillhör gruppen aktinider i det periodiska systemet. Den gruppen inkluderar alla kända grundämnen tyngre än aktinium, alltså även t ektorium och uran.

I tab. 3.2 ges en sammanställning av transuranproduktionen i en 1000 MW_{e1} PWR-reaktor. Siffrorna avser produktionen per år räknat efter 10 års avsvälgning av bränslet, då alla nuklider med halveringstider på ett par år eller kortare klingat av helt.

Exempel på transmutation: I tab. 3.3 ges en lista över ämnen i det långlivade avfallet som det vore angeläget att separera ut och överföra till stabil form via transmutation.

För fissionsprodukterna i tabellens övre del gäller infångning av en neutron som den närmast framkomliga vägen för att komma till en stabil slutprodukt. För transuranerna i nedre delen av tabellen rekommenderas fission med neutroner som den bästa processen.

Nu är det dock inte bara halveringstiden som betyder något i sammanhanget. När man diskuterar ett geologiskt slutförvar är det t ex även den totala mängden av ämnet i fråga och dess benägenhet att gå i lösning som har betydelse, när man skall definiera vilka ämnen man helst skulle vilja oskadliggöra genom transmutation.

3.3 Olika neutronkällor

I tab. 3.1 ges även en kolumn med σ_k tvärsnitt (cross sections). Tvärsnittet uttrycks i en mycket liten enhet, som kallas barn, och som är lika med 10^{-24} cm². Tvärsnittet är ett mått på sannolikheten för att en kärnreaktion skall äga rum. Man kan tänka sig den sannolikheten som en "träffyta" som en infallande neutron "ser" och måste träffa för att reaktionen skall bli av. Om tvärsnittet är lågt måste många neutroner passera i kärnans närhet innan någon av dem träffar kärnan - om tvärsnittet är högt räcker det med färre. Vid lågt tvärsnitt behövs alltså högt neutronflöde och/eller lång bestrålningstid för att många atomkärnor skall genomgå transmutation.

Termiska neutroner

När man började diskutera transmutation låg det närmast till hands att föreställa sig bestrålning med neutroner i termiska reaktorer. I tab. 3.4 visas vilka bestrålningstider som skulle behövas för att reducera fyra av de tidigare nämnda nukliderna till hälften. Genom att flödet är relativt lågt (10^{14} neutroner/cm,s) blir det - i kombination med rätt låga tvärsnitt - dålig effektivitet utom för Tc-99 och Pu-239. Det senare används ju som bekant på sina håll som bränsle i termiska reaktorer. För Tc-99 skulle man alltså genom bestrålning i ett termiskt neutronflöde på 10^{14} kunna få en effektiv halveringstid på 11 år, att jämföra med halveringstiden för sönderfall på 200 000 år. För Pu-239 har man på samma sätt fått en reduktion från 24 000 år till 0.3 år.

Snabba neutroner

Det faktum att en del transuraner har tröskelenergies för fissionstvärsnitten leder naturligt in på tanken att i stället bestråla med snabba (högenergetiska neutroner). De neutroner som "föds" (frigörs) i samband med fission har typiskt en energi runt 2-3 MeV. I en termisk reaktor bringas neutronerna - genom kollisioner med lätta kärnor hos väte eller kol i moderatorn - att minska sin rörelseenergi tills de är i temperaturjämvikt (termisk jämvikt) med sin omgivning. De rör sig då med en hastighet som bestäms av temperaturen i mediet - de är termaliserade eller termiska.

I snabba reaktorer har man ingen moderator. Man vill där att neutronerna skall fortsätta att vara snabba och accepterar bara de energiförluster som uppstår på

grund av kollisioner med atomkärnor i bränsle, kylmedel och konstruktionsmaterial (kapslingsrör etc.).

Snabba neutroner kan även fås ur olika slag av "traditionella" accelerators, där dock neutronflödet blir relativt lågt, liksom den tillgängliga bestrålningsvolymen.

En nackdel med snabba neutroner för transmutation är att infångningstvårsnittet för transmutation genomgående är låga jämfört med motsvarande för termiska neutroner.

I tab. 3.5 visas effektiva halveringstider för våra fyra utvalda nuklider vid ett snabbt neutronflöde på 4×10^{15} n/cm²,s. En jämförelse med tab. 3.4 visar att snabba neutroner är klart bättre för "tröskelnukliden" Np-237 medan utfallet trots ett 40 gånger högre neutronflöde blir i stort sett oförändrat (Cs-137) eller klart sämre på grund av låga tvärsnitt.

Mycket höga termiska neutronflöden

Om man kunde få tillgång till mycket intensiva flöden av termiska neutroner (t ex 10^{16} n/cm²,s), skulle man få ett utfall som vida överträffar de båda tidigare neutronbestrålningsmiljöer som presenterats. Ett sådant system möjliggör även en effektiv transmutation av radionuklider med låga tvärsnitt - tack vare det höga neutronflödet. En annan effekt av det höga neutronflödet är att vissa transuraner kan transmuteras genom en tvåstegsprocess, som närmare beskrivs nedan. Det höga neutronflödet gör det också möjligt att arbeta med relativt små mängder radioaktivt material för samtidig bestrålning.

Ur tab. 3.6 syns tydligt hur kombinationen högre tvärsnitt och högre flöden påverkar resultatet i gynnsam riktning. Med de effektiva halveringstider som ges i tab. 3.6 kan tekniken bli praktiskt intressant även för ämnen som Tc-99 och Cs-137. Men vad är det som hänt med Np-237? Hur kan denna nuklid, som har ett mycket lågt fissionstvårsnitt för termiska neutroner, transmuteras så effektivt i detta termiska flöde? Förklaringen är att man här tack vare det höga flödet kan utnyttja en tvåstegsprocess. Låt oss titta på vad som händer med Np-237 i ett termiskt neutronflöde!

I ett lågt flöde av termiska neutroner blir transmutationen av Np-237 ineffektiv av följande skäl (fig. 3.1). De termiska neutronerna ger endast mycket få fissioner i Np-237. Det är betydligt mer sannolikt att de fångas in och bildar Np-238. Den nukliden har 2.1 dygns halveringstid och sönderfaller under betasönderfall (jfr avsnitt 2) till Pu-238. Även denna nuklid har liten sannolikhet för fission relativt infångning, varför det mest sannolika är att den så småningom genom infångning av en neutron (nr 2 i kedjan) bildar Pu-239. Den nukliden har stort tvärsnitt för fission och kommer efter infångning av en neutron (nr 3 i kedjan) att i övervägande antal fall undergå fission. Nu har vi blivit av med vår ursprungliga Np-237 och har i stället fått ett par fissionsprodukter. För denna händelsekedja behövs alltså mer än 3 infångningar av neutroner (i en del fall får vi Pu-240 i stället för fission efter den tredje neutronen). Vid fissionen bildas i genomsnitt 2.9 nya neutroner och ser vi till den totala neutronekonomin så har alltså neutroner absorberats i processen.

Fördelarna med ett mycket högt termiskt neutronflöde för transmutation av transuraner med lågt termiskt fissionstvårsnitt (t ex Np-237) illustreras i fig. 3.2.

Np-237 fångar in en första neutron och bildar då som regel Np-238 med 2.1 dygns halveringstid liksom i det fall vi nyss betraktat. Genom att neutronflödet i detta fall är så högt, så leder detta - i kombination med den relativt långa halveringstiden och det höga fissions-tvärsnittet för Np-238 - till att en stor del av det Np-238 som bildas kommer att klyvas (av neutron nr 2) innan det hunnit sönderfalla till Pu-238. Transmutationen av Np-237 är därmed avklarad. Vid fissionen föds i genomsnitt 2.8 "nya" neutroner, vilket är mer än vad som förbrukats. Totalt har man alltså fått en nettoproduktion av neutroner.

3.4 Problemområden

I föregående avsnitt har förutsättningarna för transmutation av olika långlivade nuklider av betydelse i kärnavfallssammanhang (fissionsprodukter och transuraner) i olika bestrålningsmiljöer (termiska eller snabba neutroner, lågt eller högt neutronflöde) belysts. Huvudslutsatsen är att:

- ett lågt termiskt flöde (som finns tillgängligt i dagens reaktorer) inte klarar av att transmutera flera av de besvärliga långlivade nukliderna
- för några av dem (tröskelreaktioner) förbättras betingelserna betydligt om man istället utnyttjar snabba neutroner
- väsentliga förbättringar överlag kan påräknas vid mycket högt termiskt flöde.

I exemplet ovan har man som ett mycket högt termiskt flöde använt 10^{16} n/cm²,s. Detta är av storleksordningen 100 gånger högre än de flöden man normalt har tillgång till i dagens reaktorer. Hur kan man åstadkomma ett så högt neutronflöde? Vad är det som behövs av teknikutveckling för att nå detta mål och vilken teknikutveckling behövs för att få ett totalt fungerande system för transmutation av långlivade nuklider i kärnavfallet?

I det följande skall vi kortfattat försöka besvara dessa frågor och även ge en översiktlig beskrivning av de satsningar som görs i de länder som är tongivande på området (USA, Japan, Sovjet m fl).

Hittills har mycket av diskussionen i denna framställning berört de kärnfysikaliska förutsättningarna för transmutation. Tvärsnitt för olika alternativa kärnreaktioner inducerade av neutroner, halveringstider etc. har fundamental betydelse. Detaljerad kunskap om sådana kärndata är av stor betydelse för att man skall kunna göra pålitliga beräkningar av hur transmutationsprocesserna kommer att fungera. Detta är ett delområde där mycket kunskap redan finns, men där en del kompletteringar kan behövas.

Vad gäller möjligheten att åstadkomma höga termiska neutronflöden har under senare tid (säg 1990-91) idéer presenterats som bygger på en kraftig proton-accelerator i kombination med ett sk spallations-strålmål som neutronkälla. Dessa idéer kommer i första hand från Los Alamos National Laboratory i U.S.A. och beskrivs närmare i avsnitt 3.6. Vi kan dock redan här identifiera ytterligare två delområden där stora utvecklingsinsatser kommer att behövas - accelerator teknik och targetteknik (target = strålmål).

Spallationsneutronerna är snabba vid födseln och de måste snabbt och effektivt bromsas ned i ett modererande medium, så att man får ett termiskt neutronflöde. Detta skall vara högt över en relativt stor volym så att rimligt stora mängder kan bestrålas samtidigt av det material som skall transmutteras. Utformning av bestrålningsfaciliteten är ytterligare ett område där utvecklingsinsatser kan behövas.

För att få en effektiv transmutation måste man sannolikt ha avfallet i en lösning, som får cirkulera genom en rörslinga i bestrålningsutrymmet. När lösningen kommer ut efter bestrålning, får den gå in i en kemisk separationsanläggning, som automatiskt, snabbt och effektivt skiljer från de bildade stabila eller kortlivade ämnena och låter de kvarvarande (ännu ej transmutterade) ämnena gå in för förnyad bestrålning. En hel del av den kemiteknik som behövs är studerad i labbskala, men tveklöst måste vi notera separationsteknik som ett ytterligare område där utveckling kommer att behövas.

I det följande beskrivs mycket översiktligt kunskapsläget inom dessa olika delområden så som det framkom vid det internationella specialistmöte som hölls i Sverige i juni 1991 (se avsnitt 3.12, Referenser). De länder som är aktiva inom detta område har alla olika bakgrund, specialiteter och strategier men tendensen till ökat internationellt samarbete är tydlig.

3.5 Enbart avfallsförbränning eller energi-kombinat

I presentationen av acceleratordriven transmutationsteknik återkommer ständigt två olika tillämpningar av tekniken.

Den ena tillämpningen avser en anordning som grovt skulle kunna kallas en "avfallsbrännare" (waste incinerator). Det är en anläggning som har till enda syfte att oskadliggöra långlivat radioaktivt avfall. Den energi som utvecklas i samband med olika kärnreaktioner i avfallet kyls bort och anläggningen måste förses med elektrisk försörjning från elnätet. Elförbrukningen för en anläggning av det aktuella slaget är avsevärd, dock inte högre än att energiekonomin för kärnbränslecykeln totalt fortfarande blir rimlig. I en sådan ren destruktionsanläggning tänker man sig kunna arbeta med avfallet i vattenlösning och vid relativt låga temperaturer.

Den andra tillämpningen avser en anordning som förutom att den destruerar långlivat avfall även själv producerar den energi som den förbrukar och därtill är en nettoleverantör av energi till sin omgivning. I det fallet har man avfallet löst i en saltsmälta (LiF-BeF₂).

Tanken är att i en yttre mantel bestråla Th-232 så att det konverteras till Pa-233, som därefter avlägsnas och utanför systemet får sönderfalla till U-233. Detta senare material matas in tillsammans med saltsmältan i form av UF₄ liksom de transuraner som man vill transformera. Fissionsenergi utvecklas i saltsmältan. Ur smältan utvinns energi och fissionsprodukter kontinuerligt. Fissionsprodukter konverteras i den inre delen av bestrålningsutrymmet. Man får då en acceleratordriven kärnenergianläggning som producerar elektrisk energi utan att lämna något långlivat radioaktivt avfall. Hos idégivarna finns en förhoppning att ett sådant slag av kärnkraft även lättare skulle kunna vinna allmänhetens acceptans

än vårt nuvarande kärnkraftssystem. Ett bidragande skäl till detta skulle också vara att själva reaktordelen är kraftigt underkritisk. I samma ögonblick som strömmen till acceleratorn bryts, kommer effektutvecklingen i reaktorhärden att minska mycket snabbt. Man menar därför att man - även vad gäller den allmänna risknivån vid normal reaktordrift - kan påräkna betydligt gynnsammare förutsättningar för ett sådant kärnkraftverk än för den gängse typen som baseras på en kritisk konfiguration av reaktorbränsle och moderator.

Det bör dock observeras att om den här aktuella tekniken för transmutation får ett genombrott, kommer det troligen ändå inte att vara intressant för Sverige att investera i en egen anläggning för destruktion av radioaktivt avfall. Sannolikt kan erforderliga "destruktionstjänster" köpas vid utländska anläggningar. En naturlig placering av sådana anläggningar torde vara i anslutning till befintliga uppberedningsanläggningar, eftersom det är vid dessa platser som stora mängder avfall redan finns lagrat och mer efterhand kommer att produceras.

3.6 U.S.A.

Vid Los Alamos National Laboratory i New Mexico, U.S.A., har man under senare år gjort betydande framsteg inom acceleratortekniken, som lett till att man kan ställa i utsikt mycket höga termiska neutronflöden (10^{16} n/cm²,s) över en stor aktiv volym.

Acceleratortekniken bygger på att protoner (vätekärnor) accelereras i en tvåstegsprocess (fig. 3.3). De laddade partiklarna injiceras och accelereras till 20 MeV i första steget i dubbla linjäracceleratorer. De båda protonstrålarna förenas och går in i högenergidelen av linjäracceleratorn där de accelereras till energier runt 1000 MeV och däröver. Utan att gå in på detaljer i acceleratortekniken kan man konstatera att för att få en hög ström av protoner att med hög energi nå fram till strålmålet krävs en noggrann trimning av alla led i processen. Acceleratorexperterna förefaller dock övertygade om realismen i förslaget och oberoende utvärderingar som gjorts inom U.S. Department of Energy har ej kunnat peka på några fysikaliska osäkerheter i det föreslagna systemet.

Strålmålet (target) träffas av protonstrålen och skall producera neutroner. Detta sker genom att man i strålmålet har t ex bly eller vismut i fast eller smält form. De infallande energetiska protonerna ger upphov till sk spallationsprocesser i materialet i strålmålet, d v s vismut- eller blykärnorna slås sönder till ett antal spallationsfragment. Genom att spallationsfragmenten är mycket lättare än bly eller vismut får man ett stort överskott av neutroner (jfr avsnitt 2). Vid spallationen frigörs därför i runt tal 50 neutroner per spallation. I kombination med en stark ström av protoner som träffar strålmålet får man alltså en mycket intensiv neutronkälla.

Strålmålet (ca. 1/2 m diameter; 1 m längd), omges av en moderatortank innehållande tungt vatten D₂O. Tungt vatten har en god förmåga att bromsa ned spallationsneutronerna utan att i alltför stor utsträckning absorbera neutroner. Därför får man ett högt termiskt neutronflöde i D₂O tanken (se fig. 3.4). Genom tanken dras slingor, genom vilka vattenlösningar eller suspensioner av det material som

skall transmutteras kan cirkulera. Utanför tanken finns en kemisk separationsanläggning, där redan transmutterat stabilt eller kortlivat material kan tas bort ur strömmen och återstående långlivat material återcirkuleras in för förnyad bestrålning.

Ur fig. 3.5 framgår hur man i Los Alamos har tänkt sig att utnyttja regionen närmast strålmålet för transmutation av aktinider (transuraner) och regionen därutån för transmutation av fissionsprodukter.

Vad gäller kemiska separationer i fissionsproduktslingan förefaller förårgningsprocesser vara en lämplig teknik. För separation av aktiniderna studerar man teknik baserad på jonbytare eller vätskeextraktionsmetoder, som t ex TRUEX. Kemiprocesserna förefaller i stor utsträckning vara kända, åtminstone från tillämpningar i laboratorieskala. Fördelen med en ren destrueringsanläggning baserad på accelerator driven transmutation är att det totala inventariet av radionuklider under samtidig bestrålning är relativt lågt och att därför skalan på den kemiska separationsanläggningen inte blir så stor som man kanske i förstone skulle tro.

En närmare beskrivning av kemifrågorna ges i ref 6.

En viktig aspekt i samband med kemin är även reningen av materialet i strålmålet. Genom spallationen förorenas det materialet efterhand av en rad lätta ämnen, som måste avlägsnas i en särskild reningskrets.

Tidsskala

Den tidsåtgång som Los Alamos-forskarna tror sig behöva för att nå fram till en fullstor anläggning i drift, som kan ta sig an U.S.A:s avfall från det militära programmet rör sig om ca 15 år, fördelat på 5 års FoU, 5 år för en provanläggning och 5 år för att bygga den stora anläggningen.

3.7 Ryssland

De deltagare som representerade det dåvarande Sovjetunionen vid transmutationsmötet i Saltsjöbaden kom samtliga från Ryssland (sex från Moskva och en från Leningrad). Med tanke på att dessutom både den enda uppberedningsanläggningen för använt bränsle och den ytterligare som diskuteras ligger i Ryssland, kan det vara motiverat att sätta Ryssland som rubrik för detta avsnitt.

I Ryssland finns ett tiotal forskningsinstitut som är verksamma med FoU inom olika delar av området accelerator driven transmutationsteknik och då är inte inkluderat de som arbetar inom kärndataområdet med tvärsnittsmätningar o dyl.

Den ryska inställningen till vad som bör göras är i stora drag jämförbar med den i U.S.A. (Los Alamos).

Vad gäller vilka ämnen som bör transmutteras råder delade meningar bland de ryska specialisterna. En del anser att alla fissionsprodukter utan undantag och aktiniderna bör transmutteras medan andra menar att de radionuklider som har halveringstider kortare än 30 år ej bör transmutteras utan istället slutförvaras i kontrollerade slutförvar i ca 600 år.

Efter en konceptstudie har det ledande ryska forskningsinstitutet inom acceleratorteknik valt att prioritera utvecklingen av en anläggning med accelerator, strål-

mål och tungvattenmantel. Man sticker inte under stol med att man därvid tagit starkt intryck av de framsteg som gjorts i Los Alamos. Man konstaterar också att det bör finnas goda förutsättningar för ett samarbete mellan forskarna i Ryssland och U.S.A. De ryska forskarna är särskilt framstående vad gäller acceleratortekniken. Det ryska förslaget gäller att i första hand bygga en protonaccelerator med 100 MeV energi och 30-50 mA protonström, med dimensioner motsvarande en fullstor accelerator med energin 1600 MeV och 300mA ström. Ministeriet för kärnenergi och industri (i det gamla sovjetsystemet) har stött idéerna och har gett klartecken för att bygga acceleratoren i anslutning till någon befintlig industri inom kärnenergiområdet. Forskarna menar att den bör ligga i anslutning till någon uppberedningsanläggning för kärnbränsle eller vid en anläggning som har lager av högaktivt avfall från det militära programmet.

Från ryskt håll har man helt nyligen (Jan 1992) presenterat förslag till hur ett samarbete mellan Ryssland och U.S.A. kunde organiseras (ref. 12). Bl a föreslår man inledningsvis en organisation med fem samsarbetsgrupper med specialister inom områdena:

- protonaccelerator
- strålmål
- tungvattenmoderator
- konstruktionsmaterial
- kemiteknik.

Området konstruktionsmaterial är mycket viktigt eftersom de material runt strålmålet, i slingor etc., som utsätts för långvarig bestrålning med så höga neutronflöden kan få snabbt ändrade egenskaper, bl a vad gäller hållfasthet.

3.8 Japan

Japan är det land som tidigast och mest målvedvetet satsat på ett stort utvecklingsprogram för transmutation. Där har man sedan 1989 det s k OMEGA-programmet (Options Making Extra Gains of Actinides and Fission Products) för att genomföra FoU-studier och försök i pilotskala. Japan är i själva verket det enda landet hittills som har ett större sammanhållet program på detta område. Syftet är alltså både att transmuttera nuklider och att utvinna nyttiga (kommersiellt intressanta) ämnen ur avfallet.

Det bör nämnas att Japan är ett land som med full styrka satsar på att utveckla sitt kärnenergi-program och att OMEGA-programmet givetvis skall ses i relation till resten av det programmet.

Som en del i OMEGA-programmet har man vid Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) utarbetat ett antal planer avseende FoU inom separationsteknik samt destruktion av aktinider i snabba reaktorer och i acceleratordrivna system.

Ett stort intresse ägnas åt ett hybridsystem med en underkritisk reaktorhård i kombination med en acceleratordriven neutronkälla. Målet är att efterhand utveckla en transmutationsanläggning med en kapacitet tillräcklig för att ta hand

om långlivade aktinider från ca 10 st lättvattenreaktorer på vardera 1000 MW_{el}. FoU-insatser koncentreras på studier av hybridsystem, spallationsexperiment med strålmål av bly och utveckling av acceleratorteknik.

Ur fig. 3.6 framgår principen för ett hybridsystem med en linjär proton-accelerator (LINAC). Dess strålmål befinner sig i centrum av en underkritisk natriumkyld snabbreaktorhård, vars bränsleelement är tillverkade av två olika slags legeringar (Np 15-Pu 30-Zr, resp. AmCm 35-Pu 10-Y), d v s neptunium är legerat med 15% plutonium och 30% zirkonium medan americium/curium tillsammans legeras med 35% plutonium och 10% yttrium.

Av den producerade effekten (246 MW) går det mesta till driften av acceleratoren medan resten (ca 100 MW) kan levereras till nätet.

Den här beskrivna anläggningen använder snabba neutroner för transmutation av transuraner. Den är alltså inte anpassad för transmutation av fissionsprodukter. Fig. 3.7 ger en uppfattning om hur anläggningen kan se ut i sinnevärlden.

I fig. 3.8 visas hur man vid JAERI i Japan tänker sig ett "tandemsystem" av bränslecykler med användning av en särskild accelerator-reaktor för destruktion av transuranerna. Den övre rutan visar ett "traditionellt" system med upparbetning av bränsle från 10 st lättvattenreaktorer på vardera 3000 MW_t (d v s ca 1000 MW_{el}). Den årliga produktionen av transuraner i varje sådan reaktor framgår av tabellen i vänstra delen av fig. 3.8. Totalt rör det sig alltså om ca 26 kg transuraner per reaktor och år, d v s ca 0.3 ton/år för tio reaktorer. I den undre rutan i figur 3.8 illustreras transmutationsanläggningen och dess roll i "tandemsystemet". Vad man uppnått i slutänden är att man konverterat 0.3 ton transuraner till fissionsprodukter.

Förslaget i det japanska programmet är att bygga en 1600 MeV - 10 mA proton-LINAC. Den typen av accelerator bedöms vara bäst lämpad för acceleration av höga protonströmmar. Den föreslagna acceleratorens uppbyggnad framgår av fig. 3.9. Dess tilltänkta prestanda överträffar de som gäller för samtliga idag existerande högin-tensitets-linjäracceleratorer, som framgår av fig. 3.10. Därför måste utvecklingen gå i steg. Den japanska strategin framgår av fig. 3.11, som inkluderar byggandet av en Basic Technology Accelerator (BTA) för 10 MeV - 10 mA, motsvarande låg-energidelen i fig. 3.9. BTA är tänkt att stå färdig i mitten av 1990-talet och byggandet av den kompletta Engineering Test Accelerator (ETA) skulle då kunna vara färdigt runt sekelskiftet.

3.9 Övriga länder och organisationer

En rad ytterligare länder och organisationer visade intresse för området transmutation av radioaktivt avfall genom att bidra med presentationer eller sända observatörer till mötet i Saltsjöbaden.

Bland de länder som gör några insatser på området kan nämnas Kanada, Tyskland, Frankrike och Storbritannien. Frågan har även uppmärksamats av internationella organ som OECD/NEA.

Länder som bevakade mötet med observatörer var bl a Italien (4 personer), Schweiz, Spanien och Sverige.

Kanada

Vid AECLs Chalk River Nuclear Laboratory har man hållit på med utvecklingen av kraftfulla protonacceleratorer i över tjugo år. Drivkraften bakom detta arbete är bl a det kanadensiska intresset för sådana acceleratorer som neutronkälla för transmutation av uran och torium att användas som bränsle i CANDU-reaktorerna (kanadensiska kraftproducerande tungvattenreaktorer). I siktet har man sedan ca tio år tillbaka en 1000 MeV - 300 mA protonaccelerator, dvs en maskin med prestanda ganska lika de som föreslås för transmutation av radioaktivt avfall (ref. 7).

AECL har inget program som direkt syftar mot transmutation av avfall, utan anser för närvarande att den bästa lösningen är geologiskt slutförvar. Men det bör alltså noteras att en hel del av de kanadensiska arbetena har relevans även för området acceleratorbaserad avfallstransmutation och de kan både bidra till och dra nytta av samarbete på detta område.

Tyskland

I Tyskland har man - liksom i Kanada - tagit fasta på möjligheten att med hjälp av spallation skapa ett högt neutronflöde för att med detta transformera aktinider eller tillverka klyvbart (fissilt) material av U238 eller Th232. Även energiproduktion med hjälp av en underkritisk reaktor i kombination med högenergi-protoner från en accelerator finns med i perspektivet. I Tyskland har man tittat på möjligheten att ha ett strålmål av torium i form av en heliumkyld "pebble-bed" (ref. 8).

Frankrike

I Frankrike har man en forskningsstrategi för det högaktiva avfallet (från upp-arbetningen av det använda kärnbränslet) som går ut på att effektivisera avskiljningen av aktiniderna från avfallet, att separera aktiniderna från varandra och att studera transmutation (ref. 9).

Målet är att från det avfall som skall placeras i ett djupt geologiskt förvar avskilja 99% av den mängd aktinider som nu finns i avfallet. Utveckling av separationsprocesser har därför högsta prioritet. Därefter anser man sig ha tillräckligt med tid (20-30 år) för att komma fram till ett beslut om vad man skall göra med de avskilda aktiniderna (t ex transmutation eller speciellt slutförvar).

Man studerar transmutation men mer pengar satsas på processutveckling för avskiljning av aktinider.

Budget för FoU-programmen under 1991 inom avskiljning och transmutation var 10 miljoner franc respektive 5 miljoner franc. Båda programmen expanderade signifikant under 1992.

Storbritannien

Även i Storbritannien har man en kärnbränslecykel som inkluderar upp-arbetning och även där finns givetvis ett stort intresse av processutveckling vad gäller avskiljning av olika ämnen ur upp-arbetningsavfallet för att göra avfallet mer lätt-hanterligt.

Vid Rutherford Appleton Laboratory har man experimentell verksamhet som avser studium av strålskador hos och termisk cykling av olika material, d v s frågor som är av stor betydelse för teknikutvecklingen inom accelerator driven transmutation (ref. 10).

OECD/NEA m fl

NEA - Nuclear Energy Agency - är en division inom OECD.

NEAs reaktorfysskommitté (NEACRP) har medverkat till internationellt informationsutbyte inom transmutationsområdet under senare år. Denna verksamhet kan komma att utvidgas att omfatta internationella jämförelser av olika system för transmutation, inklusive acceleratorbaserade sådana.

NEA arrangerade ett specialistmöte om acceleratorbaserad transmutation i Schweiz i december 1991.

Vid American Nuclear Society's möte i San Fransisco, U.S.A., i november 1991 ägnades en särskild session åt transmutation.

3.10 Uppskattade kostnader

De kostnadsuppskattningar som kan göras måste givetvis betraktas som mycket preliminära.

Vid specialistmötet i Saltsjöbaden gavs en mycket grov uppskattning av kostnaden för ett kombinat som producerar energi från Th-232 eller U-238 och som transmuterar sitt eget avfall. Om man antar att elkraften från anläggningen (vars effekt är drygt 1000 MW_{el}) kan säljas för 5 U.S. cents per kWh, d v s ca 30 öre/kWh, så skulle kalkylen gå ihop om avskrivningstiden sätts till 30 år. Givetvis är en sådan kalkyl ännu mycket osäker. Bl a är det svårt att uppskatta kostnaden för "kemidelen" (ref. 1).

En annan svaghet som vidlåder kostnadsuppskattningarna är att man måste känna det återstående avfalllets sammansättning och egenskaper ganska väl för att kunna bedöma hur ett slutförvar för detta "förenklade" avfall skulle kunna se ut och därmed vad det skulle tänkas kosta.

Grova överslag som gjordes vid diskussionen i Saltsjöbaden visade att en "waste incinerator" utan kombination med elproduktion inte ekonomiskt kan hävda sig mot ett geologiskt slutförvar, medan kalkylen för kombinerade anläggningar för avfallstransmutation plus elproduktion som redan nämnts förefaller mer lovande.

3.11 Identifierade FoU-behov

Utgångspunkter

Två observationer bildar utgångspunkter för diskussion av Fou-behov för transmutation.

Transmutation förutsätter upparbetning. Själva transmutationsprocessen förutsätter också en kontinuerlig kemisk separation av aktinider och fissionsprodukter.

Detta reser helt andra frågeställningar vad gäller hantering och bearbetning av använt kärnbränsle än den nuvarande svenska linjen med direktdeponering i kristallint berg. Till detta kommer helt nya forskningsbehov, som avser exempelvis accelerators, material och säkerhetsanalyser.

Den andra observationen berör skalan. Den belyses bäst av en kommentar från en av deltagarna vid specialistmötet i Saltsjöbaden i juni 1991 (ref. 11):

" A second point concerns related technologies. This meeting was organized in a very good and strong way by accelerator people, but in the future we must solve the technologies in the related communities - - - chemistry, reactor and reactor safety aspects. A transmutation plant, with combined accelerator/target/chemistry, may be one of the biggest plants in the world. We will need effective international collaboration."

Ett effektivt internationellt samarbete är i sig inget nytt inom svensk avfallsforskning. För transmutation blir emellertid arbetsfördelningen inom det naturvetenskapliga-tekniska samhället en helt annan än för direktdeponering i berg. Det svenska vetenskapssamhället har kunnat engagera sig i varje steg av deponeringen - större delen av forskningsbehovet har tillgodosetts genom forskningsprojekt i Sverige. Transmutation är "Big Science", där svenska forskare säkerligen kommer att kunna göra viktiga punktinsatser, men där ett litet land aldrig kan få ett heltäckande forskningsprogram.

Forskningsområden och exempel på forskningsbehov

För acceleratorbaserad transmutation är nyckelområdena acceleratorteknik, materialteknik och kemisk separationsteknik. Det kommer emellertid också att krävas insatser inom andra områden.

Utvecklingen inom acceleratortekniken under 70- och 80-talen ledde till lineära accelerators med höga protonströmmar och hög slutenergi, exempelvis Los Alamos Production Facility (LAMPF). Detta är en förutsättning för att få den kraftiga källa med termiska neutroner, som Los Alamos förslaget bygger på. Ytterligare utveckling i hela kedjan från jonkälla och injektorer till vågledare (radiofrekvenskaviteter, resonatorer) är dock nödvändig för att nå de prestanda som förslaget förutsätter. Speciellt viktig är utvecklingen av radiofrekvenskällor (exempelvis klystroner) för att sänka elkostnaden. Utvecklingen av supraledande accelerators skulle kunna sänka driftskostnaderna med 1/3.

I strålmålsområdet deponeras stora mängder energi i relativt små volymer. Protonstrålen går genom ett 4-6 cm tjockt fönster innan den når strålmålet. Protonflödet är 10 gånger högre än det man har erfarenhet av från existerande accelerators. Det maximala neutronflödet är mycket högre än i en fissionsreaktor och kring strålmålet finns neutroner med energier över 20 MeV. Material i fönster, strålmål och behållare skall överleva i denna strålmiljö och samtidigt ha sådana kärnfysikaliska egenskaper att betydelsen av de neutroninducerade reaktionerna blir så liten som möjligt. Dessa krav skapar materialtekniska problem. Strålskador leder bl a till materialförsprödning och svällning. Flytande strålmål har vissa fördelar genom exempelvis förenklad kylning och minskade mekaniska påfrest-

ningar vid avställning av protonstrålen, men medför risker för korrosion och erosion i behållarens innerväggar. Forskning krävs beträffande materialval och utformning av neutronkällan.

Kemisk separationsteknik är det tredje strategiska forskningsområdet för transmutationstekniken. En förutsättning för att konceptet skall fungera är att man kan separera fissionsprodukter och otransmuterade aktinider med hög effektivitet. Annars ökar den effektiva halveringstiden och man får kvar stora mängder långlivade nuklider i restprodukterna från transmutationen. En annan viktig fråga är lösligheten hos vissa av fissionsprodukterna. Man kommer också att i separationen tvingas arbeta med stora mängder radioaktivt material. Riskanalyser behövs för den kemiska processen även utanför själva bestrålningsområdet.

Beräkningarna av transmutationshastigheter kan stödja sig på en omfattande mängd kärnfysikaliska data. Det finns emellertid fortfarande viktiga vita fläckar. Som exempel kan nämnas att teoretiska överväganden pekar på möjligheten av en neutroninfångningsresonans i eV-området för Sr-90 (med neutroninfångningsresonans menas att neutroner med en viss energi - motsvarande resonansenergin - har en mycket stor sannolikhet att fångas in av kärnan ifråga, medan neutroner med en något lägre eller högre energi har avsevärt lägre sannolikhet att fångas in). Beroende på var resonansenergin ligger, skulle man kunna transmuttera Sr-90 med en effektiv halveringstid av 10-15 år. Enligt Los Alamos gruppen skulle det då vara rimligt att också försöka transmuttera Cs-137 och sänka slutförvarsperspektivet för avfall från kommersiella reaktorer till under 100 år (ref. 1).

Ytterligare säkerhetsanalyser måste göras för olika driftfall, störningar och olycksfall. Detta gäller speciellt för anläggningar där man också vill producera elkraft. I dessa fall arbetar man enligt förslagen i normalfallet strax under kriticitet, men saknar analys som visar att anläggningen aldrig kan nå kriticitet. I anläggningar med enbart transmutation kan man i normalfallet arbeta betydligt längre ifrån kriticitet.

Tritiumproduktion i tungvattenmoderatorn måste ägnas uppmärksamhet.

Produkterna från transmutationen måste också slutförvaras. Det återstår att visa att dessa produkter är så ofarliga att man verkligen kan sänka kravet på förvaret.

Det är även viktigt att beakta icke-spridningsaspekten. Med en accelerator av det aktuella slaget kan man ju via transmutationsprocesser även tillverka klyvbart material, som kan användas för kärnvapenladdningar.

Kostnadsberäkningar tyder på att kostnaden för transmutation utan elproduktion är högre än för direkt deponering. Det är viktigt att man utöver dessa kostnader inte behöver lägga ned stora summor på ett långtidsförvar av transmutationsprodukterna. I det högaktiva avfallet ingår förutom använt kärnbränsle även vissa reaktordelar. En samlad systemanalys behövs i vilken man jämför såväl de totala kostnaderna som de totala riskerna för de två alternativen: transmutationsslutförvaring av högaktivt avfall och direktdeponering av högaktivt avfall i kristallint berg.

US Academy of Science/National Research Council har fått i uppgift att göra en stor genomgång av området transmutation av kärnavfall. Arbetet har nyligen påbörjats och beräknas pågå under ca tre år. Resultaten från den utvärderingen kommer att vara av stort intresse även för omvärlden. När de resultaten finns

tillgängliga kan det vara av intresse för Sverige att göra en översiktlig systemstudie för att se om tekniken kan vara av intresse för vår del.

3.12 Referenser

Ett internationellt specialistmöte om acceleratorbaserad transmutation av radioaktivt avfall hölls i juni 1991 i Saltsjöbaden. Mötet arrangerades i samarbete mellan Los Alamos National Laboratory, U.S.A., som var initiativtagare och som stod för planeringen av det tekniska innehållet, och statens kärnbränslenämnd (SKN), Sverige, som stod som värd och höll i de praktiska arrangemangen.

En omfattande slutrapport från specialistmötet publicerades i november 1991.

De referenser som anges i text, tabell- och figurmaterial avser nästan uteslutande olika delar av rapporten från mötet i Saltsjöbaden. Eftersom rapporten har en betydande omfattning (ca 800 sidor), specificeras i listan nedan vilka avsnitt av rapporten referenserna avser.

**Specialist Meeting on Accelerator-Driven Transmutation Technology for
Radwaste and Other Technologies,
24-28 June 1991, Saltsjöbaden, Stockholm, Sweden,
LA-12205-C Conference
SKN Report No. 54**

1. Bowman, C.D., Ibid, sid 67-146
2. Arthur, E.D., Ibid, sid 9-66
3. Takizuka, T. m fl, Ibid, sid 707-721
4. Kaneko, Y., Ibid, sid 698-706
5. Mizumoto, M. m fl, Ibid, sid 736-752
6. Jensen, R., Ibid, sid 361-412
7. McMichael, G.E., Ibid, sid 353-360
8. Kugeler, K., Ibid, sid 643-665
9. Baudin, G., Ibid, sid 581-593
10. Gardner, I.S.K., Ibid, sid 636-642
11. Ibid, sid 763
12. Tjuvilo, I.V., Inst.of Theoretical and Experimental Physics, Moskva.
Privat kommunikation

PWR Fission Products# with $T_{1/2} > 25$ Years

<u>Nuclide</u>	<u>Kg/yr</u>	<u>Half life</u> (yrs)	<u>Cross Section</u> (barns)	<u>Atoms/yr</u> ($\times 10^{25}$)
^{79}Se	0.19	6.5×10^4	? (10)	0.13
^{90}Sr	13.5	29	0.9	8.97
$^{93}\text{Zr}^*$	23.3	1.5×10^6	2.5	15
^{99}Tc	25.1	2.1×10^5	20	15.2
$^{107}\text{Pd}^*$	7.4	6.5×10^6	1.8	4.1
^{126}Sn	0.91	1×10^5	0.14	0.46
^{129}I	5.87	1.6×10^7	27	2.73
$^{135}\text{Cs}^+$	9.47	3.0×10^6	8.7	4.22
^{137}Cs	30.9	30	0.25	13.5
$^{151}\text{Sm}^+$	0.38	90	15200	<u>0.16</u>
			Total*	41.0×10^{25}

These amounts are annual production for a PWR running at 3 GW thermal with fuel burned to 33,000 megawatt-days per ton requiring the removal of 33 MTU spent fuel per year.

* These nuclides have very weak β - and γ radiations and are not transmuted but diluted as described in the text. They are omitted from the sum.

+ Burned internally when the flux is very large. They are omitted from the sum.

Tab. 3.1
(Källa: Ref 1)

Transuranium Waste Nuclei from a PWR*

Plutonium Isotopic Mixture

<u>Nuclide</u>	<u>kg/yr</u>	<u>Half-life</u> (yrs)	<u>Atoms</u> (X 10 ²⁵)
238Pu	4.52	88.	1.13
239Pu	166	2.4 X 10 ⁴	41.6
240Pu	76.7	6.6 X 10 ³	19.2
241Pu	25.4	14.4	6.4
242Pu	15.5	3.8 X 10 ⁵	3.9
		Total	72.2 X 10²⁵

Higher Actinide Mixture

237Np	14.5	2.1 X 10 ⁶	3.66
241Am	16.6	432.	4.13
242mAm	0.022	141.	
243Am	2.99	7.4 X 10 ³	0.73
243Cm	0.011	28.5	
244Cm	0.58	18.1	0.13
		Total	8.65 X 10²⁵

* These amounts are annual production after ten years of decay for a PWR running at 3.0 GWt with fuel burned to 33,000 megawatt-days per metric ton requiring the removal of 33 MTU spent fuel per year.

Tab. 3.2
(Källa: Ref 1)

Major Candidates for Chemical Separations and Transmutation

<u>Species</u>	<u>Halflife (yrs)</u>	<u>Transmutation Reaction</u>	<u>Stable Product</u>
Tc99	200,000	neutron capture	ruthenium
I129	16,000,000	capture	xenon
Sr90	30	capture	zirconium
Cs137	30	capture	cerium
Np237	2,000,000	fission	
Pu239	24,000	fission	
Am241	432	fission	
Am243	7400	fission	

Tab. 3.3

(Källa: Ref 2)

Evolution of Transmutation Concepts

Low flux thermal systems -

- Low burn rate for small cross section fission products
- Low fission destruction rate for higher actinides
- Large inventories required

Effective half lives for a flux of 10^{14} n/cm²/sec

<u>Radionuclide</u>	<u>σ (Trans) (b)</u>	<u>Effective $\tau_{1/2}$ (yrs)</u>
Pu239	750	0.3
Np237	< 1	> 200
Tc99	20	11
Cs137	0.25	29

Tab. 3.4

(Källa: Ref 2)

Evolution of Transmutation Concepts (Cont)

Fast neutron systems (reactor or accelerator-driven)

- Difficulty in fission product transmutation
- Large inventories required
- Reactivity control concerns for high-flux reactor systems

Effective half lives for a flux of 4×10^{15} n/cm²/sec

<u>Radionuclide</u>	<u>σ (Trans) (b)</u>	<u>Effective $\tau_{1/2}$ (yrs)</u>
Pu239	2	2.7
Np237	2	2.7
Tc99	0.2	28
Cs137	0.025	26

Tab. 3.5

(Källa: Ref 2)

Evolution of Transmutation Concepts (Cont)

Intense Thermal Neutron Flux

- Rapid burning of low-cross section radionuclides
- Two-step fission of higher actinides
- Low inventory, high throughput system
- Smaller capacity chemistry separations

Effective half lives for a flux of 1×10^{16} n/cm²/sec

<u>Radionuclide</u>	<u>σ (Trans) (b)</u>	<u>Effective $\tau_{1/2}$ (yrs)</u>
Pu239	750	0.003
Np237	(35)	0.06
Tc99	20	0.15
Cs137	0.25	2.9

Tab. 3.6

(Källa: Ref 2)

Low Intensity Thermal Neutron Flux- Difficult to Fission Higher Actinides

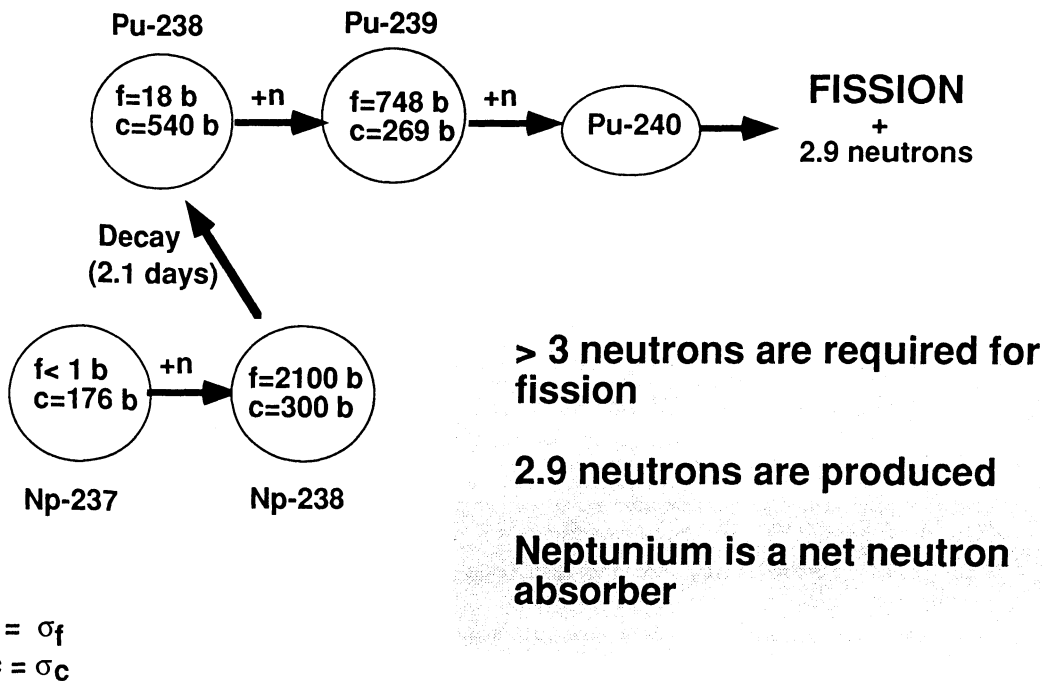
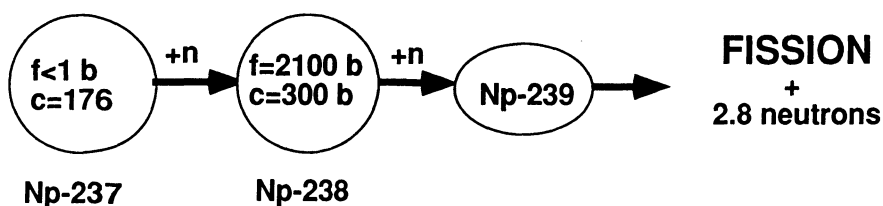


Fig. 3.1
(Källa: Ref 2)

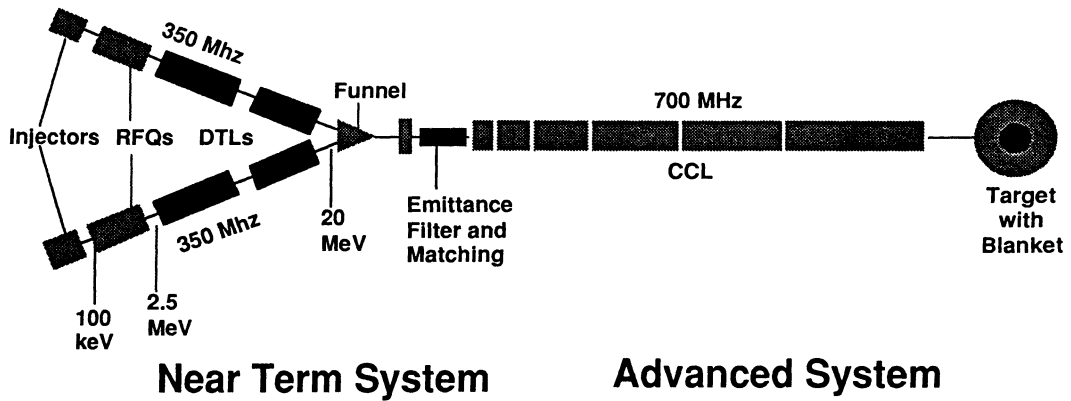
A High Thermal Neutron Flux Allows Efficient Fission of Higher Actinides



Two neutrons produce fission
2.8 neutrons are produced
Net neutron production

Fig. 3.2
(Källa: Ref 2)

Reference Accelerator Concepts



- Near Term System**
- 800 MeV
 - 125-150 mA
 - 250 MW_E
 - Copper CCLs
 - 1 MV/m
 - 45% efficiency

- Advanced System**
- 1300 MeV
 - 140 mA
 - 300 MW_E
 - Superconducting CCLs
 - 3-5 MV/m
 - 65% efficiency?

Fig. 3.3
(Källa: Ref 2)

ATW System Components

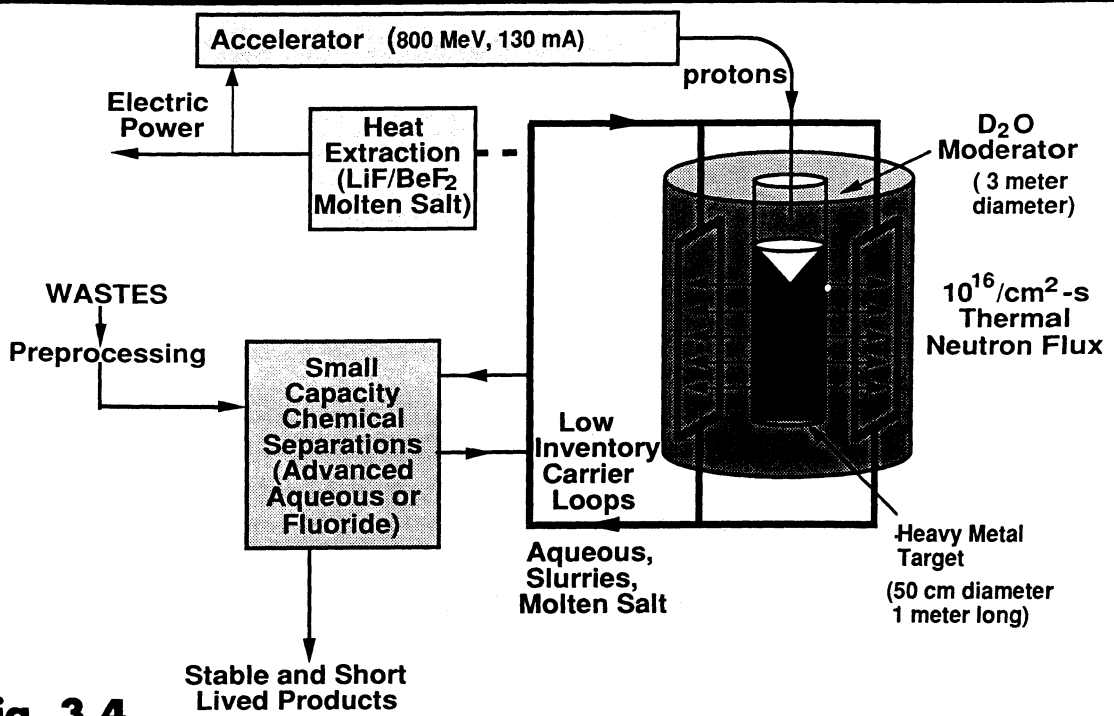
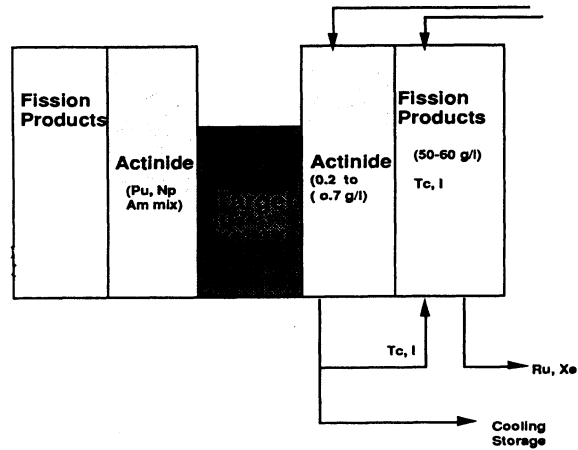


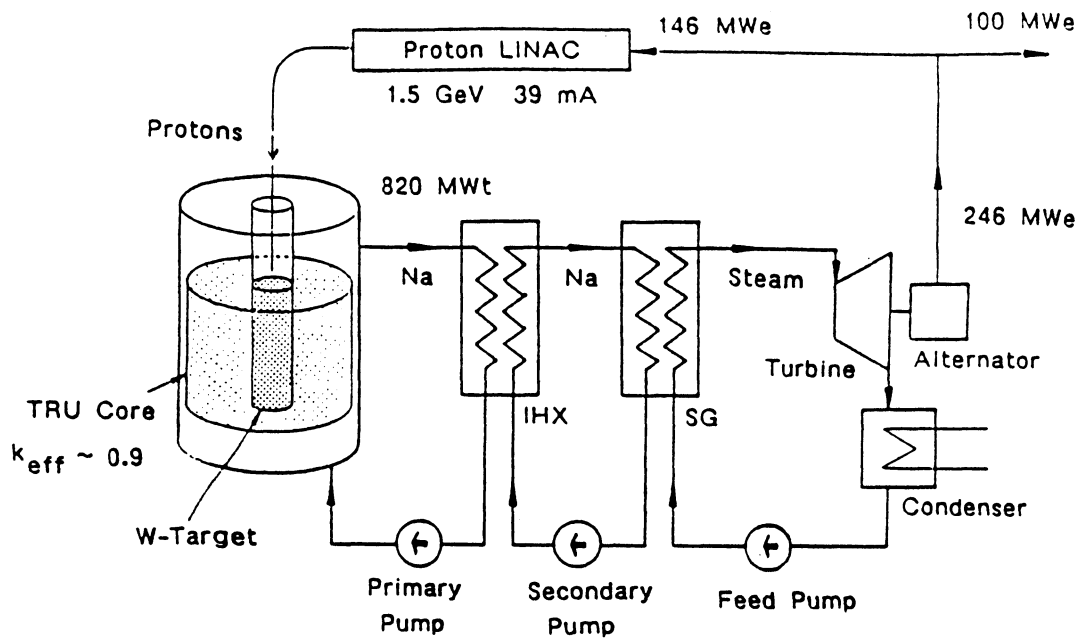
Fig. 3.4
(Källa: Ref 2)



Aqueous Blanket

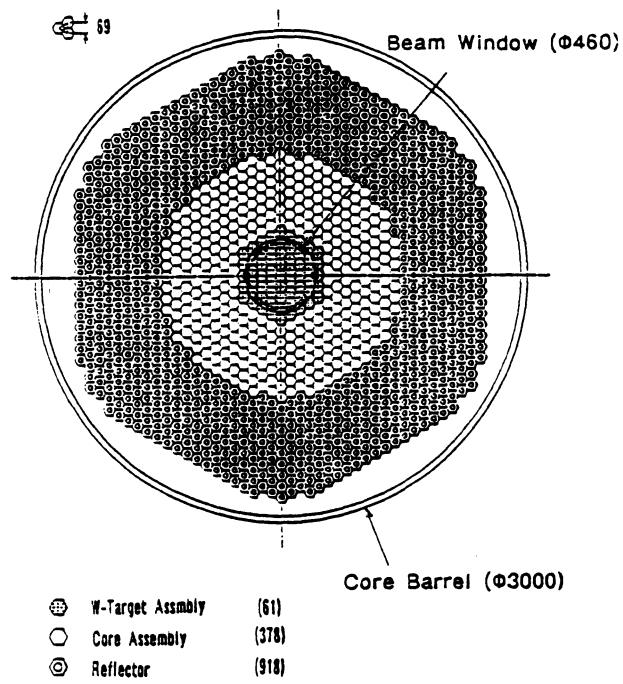
(Transmutation only; no heat recovery)

Fig. 3.5
(Källa: Ref 2)

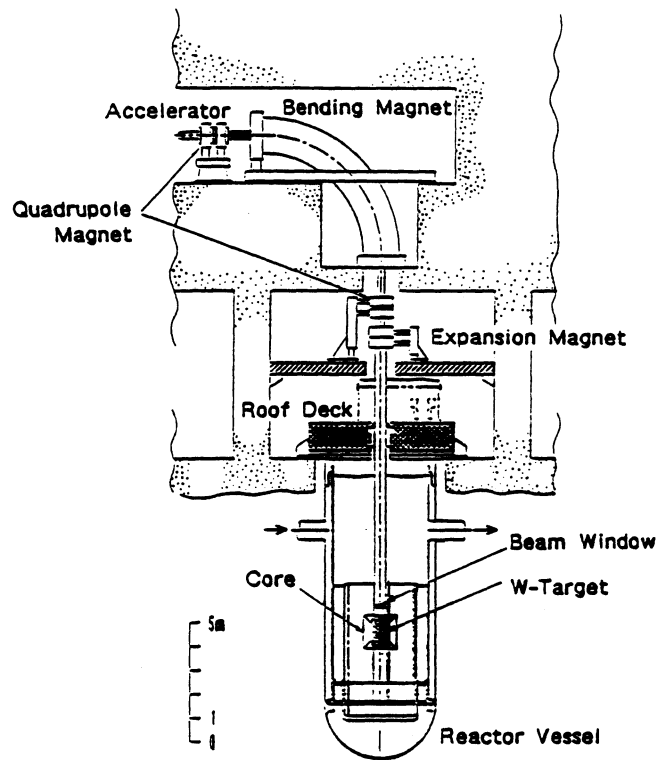


Conceptual flow diagram of actinide transmutation plant

Fig. 3.6
(Källa: Ref 3)



Core configuration



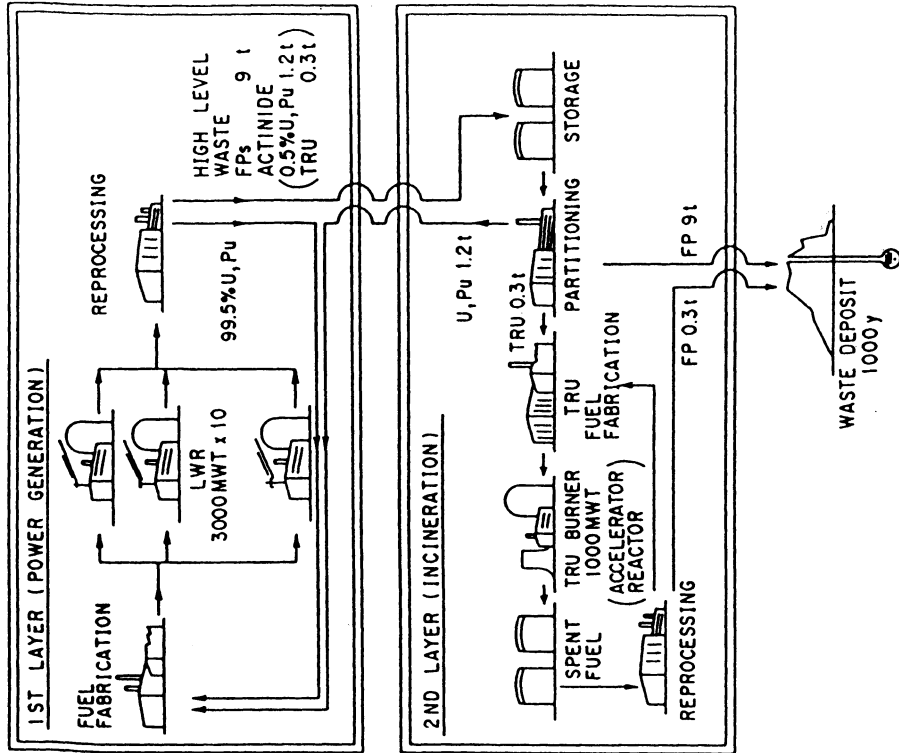
Reactor

Fig. 3.7
(Källa: Ref 3)

TRU Production per Year from 1000 MWe
PWR

Nuclide	Weight (kg)	Fraction (%)
²³⁷ Np	14.5	56.2
²⁴¹ Am	6.82	26.4
²⁴³ Am	3.1	12.0
²⁴³ Cm	0.0078	0.03
²⁴⁴ Cm	1.32	5.1
²⁴⁵ Cm	0.072	0.3
Total	25.8 (kg)	100.0

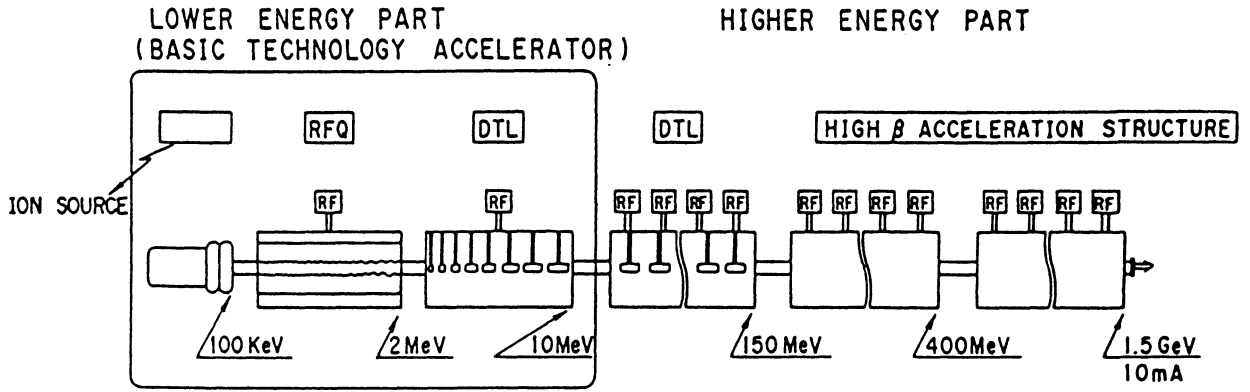
Fuel Burn Up : 33,000 MWD/T
 Cooling Time before Reprocessing : 3 years
 Cooling Time before Partitioning : 5 years
 Collection Rate of U and Pu : 100 %



Dual Layer Type Nuclear Fuel Cycle with
Use of Reactors for Incineration of TRU
from LWR.

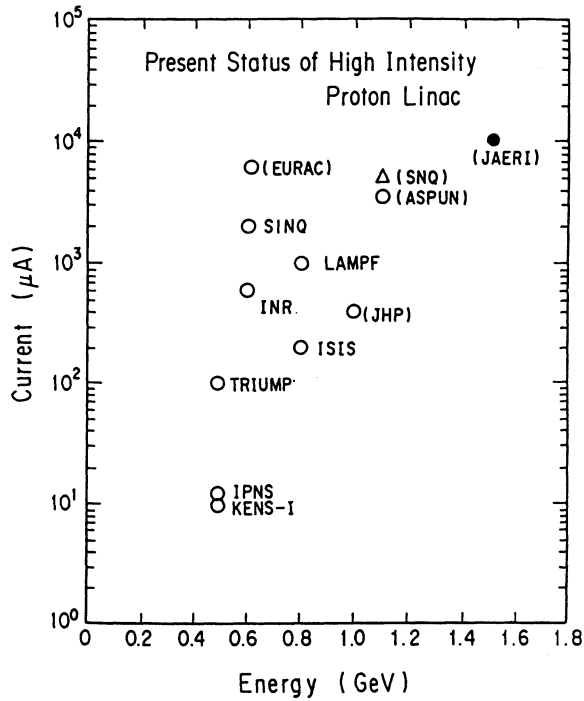
Fig. 3.8
(Källa: Ref 4)

ENGINEERING TEST ACCELERATOR



Conceptual Layout of Engineering Test Accelerator

Fig. 3.9
(Källa: Ref 5)



Present Status of High Intensity Proton Accelerator

Fig. 3.10
(Källa: Ref 4)

Intense Proton Linear Accelerator Program
(10 June 1991)

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1 s t	Develop. of Basic Accel. Technol.										
	(1) R&D for Accelerator Elements										
	(2) BTA Building										
s t e p	Basic Technology Accelerator (BTA) (10MeV, 10mA)										
	(1) Fabrication/Assembly										
	(2) Beam Test										
2 n d	Engineering Test Accelerator (ETA) (1.5GeV, 10mA)										
	(3) High β Linac										
	Concept Study, Trade-off Study										

Fig. 3.11
(Källa: Ref 5)

Time schedule of intense proton linear accelerator program

4. Internationell kärnavfallsforskning, länderöversikter Finland, Kanada, Schweiz och USA

4.1 Inledning

I ett internationellt perspektiv har svensk hantering av radioaktivt avfall kommit långt med ett sjötransportsystem i drift för transport av olika avfallstyper, ett slutlager för reaktoravfall i Forsmark (Slutförvar för radioaktivt driftavfall - SFR) och ett centralt mellanlager för använt bränsle i Oskarshamn (Centralt Lager för Använt Bränsle-CLAB).

På forskningssidan har vidare kraftbolagen redovisat och myndigheterna granskat två kompletta säkerhetsstudier, KBS 1 och KBS 3 i vilka ingick data från flera platser där ett slutlager för använt bränsle "kan" byggas tillsammans med ett omfattande material rörande de olika tekniska barriärernas funktion och livslängd i ett geologiskt slutförvar. Denna säkerhetsredovisning syftade till att möta de krav som dåvarande lagstiftning i den så kallade villkorslagen ställde på kärnkraftbolagen.

Villkorslagen, som instiftades 1976, krävde en redovisning av metoder för omhändertagande av det använda bränslet och andra radioaktiva avfallstyper för att kraftbolagen skulle kunna få drifttillstånd för nya kärnreaktorer. Lagen gällde fram till 1983. För att pröva om lagens krav uppfylldes i kraftindustrins redovisning genomförde säkerhetsmyndigheterna en omfattande granskning av forskningsresultaten med hjälp av nationell och internationell expertis. Denna omfattande internationella granskning har haft stor inverkan på att göra svensk avfallsforskning känd internationellt och därigenom banat väg för ett vidare samarbete mellan svenska forskare och experter i andra länder.

Exempel på internationella projekt är stripaprojektet som drivits i OECDs regi med SKB som projektledare och SKIs internationella jämförelser av databaserade modeller och olika modelleringsfall inom grundvatten- och nuklidtransportområdet (exempelvis Hydrocoin och Intraval).

Det internationella samarbete som svensk kraftindustri via SKB och de svenska myndigheterna SKI, SSI och SKN har haft och har, är fortfarande av stort värde för att alla parter skall tillgodogöra sig internationella kunskaper och erfarenheter. En viktig strävan är att finna gemensamma internationellt accepterade lösningar på kärnavfallens omhändertagande. En annan aspekt är att de resurser som läggs ned på kärnavfallsforskning i Sverige uppfattas som omfattande i ett nationellt perspektiv men det är viktigt att även följa och tillgodogöra sig resultaten av den mycket omfattande forskning som pågår i andra länder.

De fyra länder som beskrivs i detta kapitel satsar över 2 miljarder svenska kronor årligen på forskning och utredningar kring det högaktiva avfallet (Finland ca 70 MSEK, Kanada 400 MSEK, USA 1.400 MSEK och Schweiz 250 MSEK per år). Den svenska forskningsbudgeten ligger på runt 200 miljoner kronor för kraftindustrin och de statliga myndigheterna gemensamt. Sverige har genom sitt aktiva

internationella utbyte och samarbete tillgång till de forskningsresultat som kommer fram inom olika program och dessa resultat spelar en viktig roll vid utvärdering av säkerhetsaspekterna runt ett geologiskt slutförvar.

Det är således av stort värde att kraftindustrin och de svenska myndigheterna även framdeles aktivt deltar i internationella projekt och internationellt erfarenhetsutbyte. På myndighetssidan framstår SKIs engagemang i säkerhetsfrågor som angeläget. SKNs satsningar på ett mera löpande erfarenhetsutbyte rörande aktuella frågor vad gäller den granskning av SKBs forskningsprogram som ålagts SKN framstår också som angeläget. Exempel på frågor som kommer att ha hög prioritet i denna löpande granskning är det förestående systemvalet och platsvalet, utbyggnaden av ett svenskt underjordiskt forskningslaboratorium på Äspö och studier av olika alternativa lösningar för slutförvar.

Av de länder som använder kärnkraft bedriver de flesta någon form av avfallsforskning. Några av dessa program är i sin linda eller har en inriktning som tidsmässigt eller tekniskt överensstämmer dåligt med den svenska. Därför har KASAM i detta kapitel valt att beskriva forskningen i de fyra länder - Finland, Kanada, Schweiz och USA - som har bedömts vara av störst intresse genom sin organisation, inriktning och omfattning från ett svenskt perspektiv. Sammanfattningsvis kan huvudberöringspunkterna i respektive program beskrivas enligt följande (se även tabell 4.1):

- Finland studerar ett koncept som liknar det svenska och har även en berggrund som har liknande egenskaper som den svenska. Det finska platsvalsprogrammet har pågått sedan 1986 och är av stort intresse.
- Kanada studerar geologiska formationer liknande de svenska och delar av det kanadensiska konceptet såsom kapsel- och buffertmaterial är av intresse att följa. Kanada har lagt fast en arbetsform som skall leda fram till ett platsval som ger stora möjligheter för olika intressenter att lämna synpunkter. Denna process är av intresse för det svenska platsvalsprogrammet. Kanada driver sedan mitten av åttiotalet ett underjordiskt berglaboratorium liknande det svenska Äspölaboratoriet.
- USAs program skiljer sig på flera punkter från det svenska men är ändå av intresse genom det stora vetenskapliga djup och den bredd som står till förfogande. Framförallt är det av intresse att följa den forskning som bedrivs inom de nationella laboratorierna Los Alamos, Sandia, Lawrence Livermore och den amerikanska geologiska undersökningen.
- Det schweiziska programmet studerar geologiska formationer liknande de som undersöks i Sverige. Platsvalsprogrammet för ett låg- och medelaktivt slutlager och de studier som pågår i den underjordiska forskningsanläggningen i Grimsel är andra delar av programmet som är av intresse.

Underlaget för detta kapitel bygger till stor del på de kartläggande utredningar som genomförts i SKNs regi under 1990 och 1991.

Land	Ansvarig org.	Mellanlagring	Studerad bergart	Upparb/direktdep.	Start slutförv.
Sverige	Kraftind.	Ja	Krist.	Direktdep.	2020
Finland	Kraftind.	Ja	Krist.	Direktdep.	2020
Kanada	Staten	Ej beslut	Krist.	Direktdep.	Ej beslut
USA	Staten	Ej beslut	Tuff	Direktdep.	2010
Schweiz	Kraftind.	Ja	Krist.	Upparb.	2020

Tabell 4.1.

Jämförelse av några huvudkomponenter i de svenska, finländska, kanadensiska, amerikanska och schweiziska kärnavfallsprogrammen.

4.2 Beskrivning av det finska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle

4.2.1 Organisation och bakgrund

I Finland liksom i Sverige är det kraftindustrin som ansvarar för forskning, utveckling, projektering och byggande av anläggningar för omhändertagande av det avfall som genereras vid kärnkraftverken. Enligt finsk lagstiftning, kärntekniklagen från 1988, skall reaktorägarna vad gäller använt bränsle i första hand försöka finna en internationell lösning. Detta motiveras med den ringa mängd använt bränsle som genereras i landet. Totalt beräknas ca 1800 t använt bränsle genereras under 40 års drift i de två kärnkraftverken vid Olkiluoto som drivs av Industrins Kraft-TVO.

Beträffande de två verk som drivs av Imatran Voima OY-IVO och som levererats av Sovjetunionen sänds det använda bränslet åter till Sovjet. Hur framtiden ser ut för detta avtal med tanke på upplösningen av Sovjetunionen är oklart. Senaste transporten av använt bränsle till anläggningar i Sovjet gjordes sommaren 1991. De anläggningar som mottagit det finska använda bränslet är lokaliserade i nuvarande Ryska Rådsrepubliken.

Om en internationell överenskommelse inte kan träffas anger finsk lagstiftning att en nationell lösning skall arbetas fram. Enligt ett så kallat statsrådsbeslut från 1982 har TVO ålagts att följa en tidsplan med vissa etappmål för att denna beredskap skall finnas i Finland. I korthet innebär statsrådets beslut följande:

”Huvudmålet med finsk hantering av använt bränsle bör vara att finna en internationell centraliserad lösning för slutförvaring då den finska avfallsmängden är ringa. Dock bör en beredskap finnas att inleda slutförvaring i

Finland år 2020. En plats bör därför väljas år 2000. Följande etappmål bör därför uppnås:

- Före utgången av år 1985 bör man på basen av tillgängligt geologiskt- och annat forskningsmaterial framlägga en utredning angående ett flertal områden ägnade för preliminära undersökningar angående deras lämplighet som förvaringsplatser samt komplettera och hålla tekniska utredningar à jour vad angår förvar av använt bränsle.
- Före utgången av år 1992 bör de preliminära undersökningarna göras angående dessa områdens lämplighet som förvaringsplatser, och på basen av dessa undersökningar bör de lämpligaste områdena utväljas för detaljerade studier, samt komplettering göras av den tekniska planen för slutförvar med beaktande av de framkomna förläggningalternativen.
- Före utgången av år 2000 bör på dessa områden utföras detaljerade undersökningar, väljas en slutförvaringsplan, som uppfyller säkerhets- och miljövårdskrav. För denna slutförvaringsplats uppgörs en teknisk slutförvaringsplan.

I syfte att erhålla byggnadstillstånd bör tillståndsinnehavarna (reaktorinnehavarna) bereda sig på att före utgången av år 2010 framlägga för tillsynsmyndigheterna nödiga planer för att bygga ett slutförvarsutrymme och en eventuell kapslingsanläggning för använt bränsle.”

Detta statsrådsbeslut styr i stort TVOs forskningsprogram samt myndigheternas granskning av industrins arbete.

TVO har sedan slutet av sjuttioalet bedrivit forskning kring geologisk slutförvaring i den finska beggrunden. Utredningar har genomförts framför allt av Geologiska Forskningscentralen - GTK och Statens Tekniska Forskningcentral - VTT. TVO har successivt redovisat tekniska planer och säkerhetsbedömningar för ett förvar i kristallint berg. Det material som redovisas refererar i stora stycken till de studier som genomförts av SKB i Sverige, bl a den så kallade KBS-3-studien.

Under åttiotalet har ett systematiskt platsvals- och platsundersökningsprogram påbörjats. Undersökningar inklusive borrhningar har genomförts på sammanlagt fem platser (se figur 4.1). Nästa större redovisning kommer att ske under 1992 då de två à tre mest lämpliga av de undersökta fem platserna skall föreslås för detaljerade undersökningar tillsammans med en uppdatering av de tekniska planerna och en säkerhetsredovisning.

Det finska avfallsprogrammet tillhör de mer intressanta från ett svenskt perspektiv genom den stora likheten med det system som studeras i Sverige av SKB. Finland har även likartade geologiska förhållanden som Sverige. Finland har påbörjat ett arbete som skall leda fram till ett platsval (se nedan). Denna fas av det svenska programmet planeras påbörjas under perioden 1992-1994 och de erfarenheter som TVO och de finska myndigheterna fått kan vara till stor nytta i det svenska lokaliseringsarbetet. Detta gäller såväl erfarenheter från tekniska arbeten som information och samarbete med berörda kommuner.

4.2.2 Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Finland

Den finska platsvalsprocessen startade redan 1983 med en inventering av finsk berggrund baserat på vissa allmänna krav på den geologiska barriären som presenterats i en grundläggande säkerhetsanalys. Den geologiska inventeringen baserades på befintligt geologiskt material där Finland delades in i geologiska regioner. Ur detta material valdes genom en rankning av bland annat tekniska och socio-politiska faktorer 102 platser som lämpliga för fortsatta studier. De kommuner som berördes av denna första fas tillfrågades därefter om sin inställning till fortsatta undersökningar, inklusive borrhningar. Ett antal kommuner ställde sig neutrala eller positiva till fortsatta undersökningar och 1987 valdes fem platser för fortsatta undersökningar (Kuhmo, Hyrynsalmi, Sievi, Konginkangas och Olkiluoto, se även figur 4.1). Borrhningar och mätningar har nu genomförts på samtliga platser liksom en redovisning av resultaten inklusive en uppdatering av de tekniska planerna. Ett förslag till 2 à 3 platser för fortsatta mera detaljerade undersökningar kommer även att ingå.

Myndigheterna i Finland representerade av Handels- och Industriministeriet-KTM och Strålsäkerhetscentralen-STUK kommer därefter att granska och kommentera denna redovisning från TVO. De slutliga direktiven till kraftbolaget ges av KTM, troligen någon gång under 1993.

Från svensk sida är en nära kontakt med det finska platsvalsprogrammet naturlig. I vissa fall finns även underlag för konkreta tekniska samarbetsprojekt för att därigenom använda gemensamma resurser, kunskap och erfarenheter till fördel för båda programmen.

Ett område där den valda strategin i Finland är både intressant och annorlunda är information till berörda kommuner och kommuners möjlighet att framföra synpunkter och önskemål i ett tidigt skede.

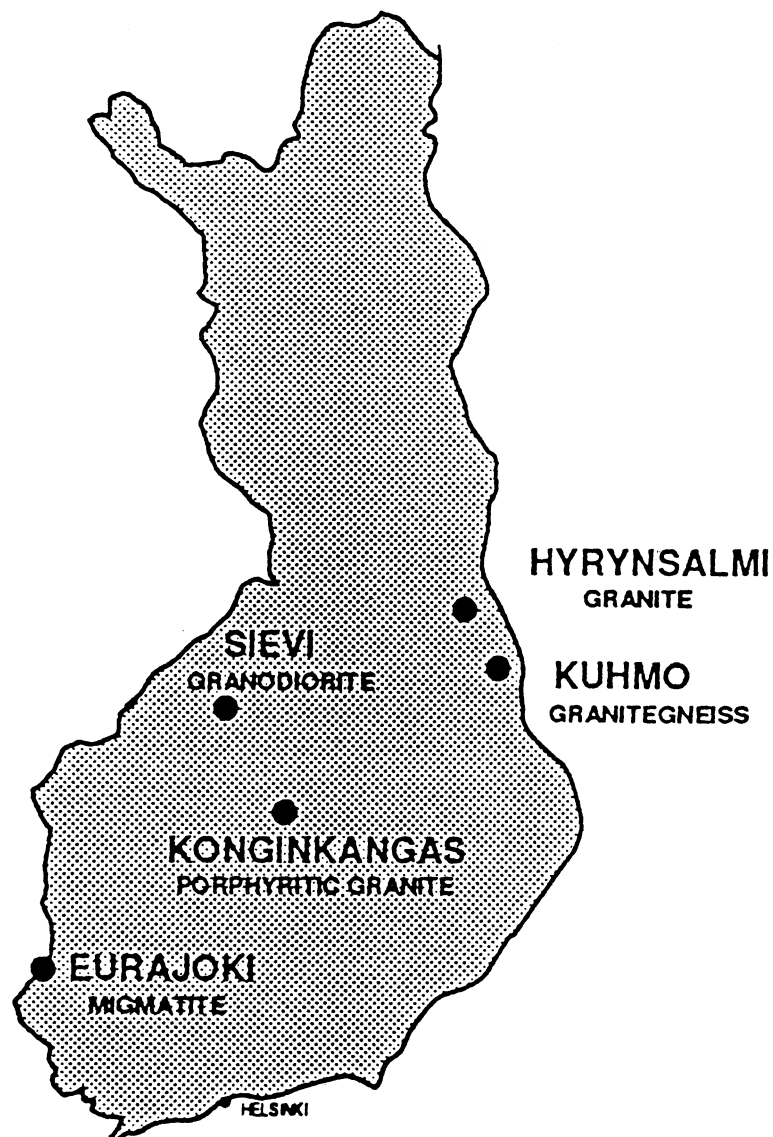
De berörda kommunerna kontaktades efter det att den regionala urvalsfasen avslutats och en lista på 102 lämpliga områden publicerats. Kommunerna gavs möjlighet att ta del av informationen samt framtida planer för utveckling av ett slutförvar i Finland. Varje kommun gavs därefter möjlighet att påverka valet av undersökningsplatser genom att tala om huruvida man var för eller emot fortsatta undersökningar.

Finsk lagstiftning ger den finska regeringen ansvar för övergripande policy och licensiering av kärntekniska anläggningar medan kommunerna har vetorätt.

Av de totalt 65 kommuner som tillfrågades om sin inställning rörande fortsatta platsundersökningar ställde sig ungefär 20 neutrala eller positiva till sådana undersökningar. De platser som låg inom kommuner med en negativ inställning till fortsatta fältundersökningar beaktades ej fortsättningsvis. De platser som låg inom kommuner med en positiv eller neutral inställning studerades därefter framförallt vad gällde markägarstruktur och därefter valdes fyra platser med en stor icke privat ägare. Privata ägare ansågs vara mindre attraktiva då ett av kraven enligt finsk lag för fortsatta studier är ett godkännande från markägaren. Privata markägare kan också skifta betydlig lättare än vad som är fallet för mark som ägs av

staten eller stora skogsbolag. En femte plats valdes i anslutning till TVOs anläggning vid Olkiluoto bland annat av logistiska skäl.

Således representerar de fem områden som slutligen valdes platser som - med sociopolitiska- och markägarförhållanden, som så långt det i dagens situation är möjligt att fastställa - har goda förutsättningar för långsiktiga undersökningar och där en acceptans för ett slutlager bedöms ha störst förutsättningar att uppnås.



Figur 4.1

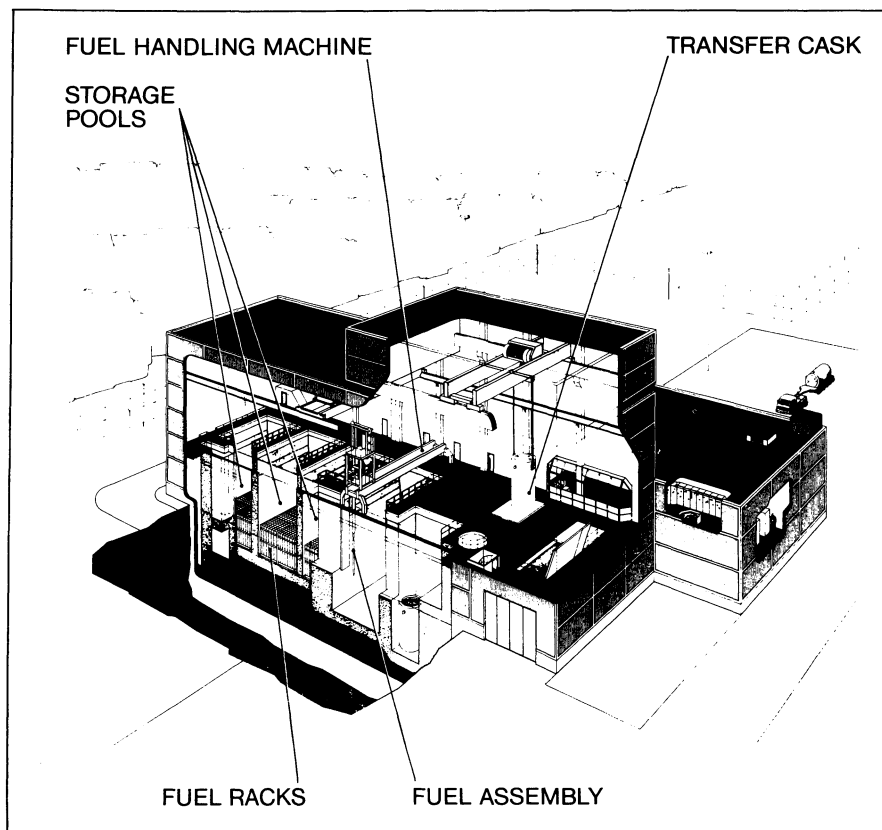
Kandidatplatser undersökta i Finland, källa YJT Annual Report 1987.

Av de platser som valdes är ingen rankad på tekniska grunder i högsta kategorin. Således har kommunernas inställning och markägarförhållanden haft ett stort inflytande i de senare urvalsstegen.

4.2.3 Mellanlagring

Mellanlagring av använt bränsle från de båda verken TVO 1 och TVO 2 sker för närvarande i Olkiluoto. Tekniskt har en metod liknande den svenska med lagring i vattenbassänger valts med skillnaden att själva anläggningen ligger ovan jord (se figur 4.2). Motiven till ett mellanlager är i stort sett de samma som i Sverige d v s

- att ha flexibilitet,
- att ge gott om tid för utveckling av ett slutförvarskoncept och
- att uppnå en acceptans i samhället för kärnavfallens slutliga omhändertagande.



Figur 4.2
Mellanlager på Olkiluoto, situationsskiss, källa Nuclear Waste Facts TVO 1987.

4.3 Beskrivning av det kanadensiska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle

4.3.1 Organisation och bakgrund

Kanada har liksom Sverige tillgång till omfattande formationer av kristallint berg och har valt att studera geologisk slutförvaring liknande det system som föreslagits i Sverige.

De huvudsakliga skillnaderna mellan Kanada och Sverige ligger i det kanadensiska använda bränslet som är av CANDU typ d v s icke anrikt bränsle. Detta innebär betydligt större volymer (omkring 50 000 ton beräknas totalt att finnas mellanlagrat vid sekelskiftet) per producerad enhet energi men också att den använda bränslematrisen innehåller procentuellt mindre fissionsprodukter. Denna större volym har i sin tur lett till andra lösningar vad gäller kapselmateriell och därmed kapsellivslängd samt det föreslagna utförandet av själva förvarsanläggningen.

Till skillnad från de flesta kärnkraftländer har Kanada inte lagt fast någon definitiv organisation eller tidsplan för ett slutlager för använt bränsle. År 1978 slöts ett avtal mellan Kanadas federala regering och delstaten Ontario, där de flesta kärnkraftverken är lokaliserade. Man enades i detta avtal om att det statligt ägda Atomic Energy of Canada Ltd - AECL skulle ha ansvaret för en första konceptuell studie. I denna studie skall ett förvarssystem föreslås lämpligt för kanadensiska förhållanden. Denna fas skall uttryckligen inte leda till några plats-specifika studier.

Ansvaret för att utreda mellanlagringsfrågan gavs i ovanstående avtal till Ontario Hydro, Kanadas största kraftbolag. Den ansvarsfördelning som avtalet gäller berör endast den konceptuella fasen och vem som kommer att projektera ett slutförvar, välja plats och driva behövliga anläggningar är ej uttalat i nuvarande överenskommelse.

Senare har ytterligare en överenskommelse lagt fast en process för hur den konceptuella studien skall hanteras av de federala myndigheterna. Den process går under benämningen Federal Environmental Assessment Review Process - FEARP. FEARP gäller för alla miljöstörande anläggningar av riksintresse. Environment Canada, Kanadas miljödepartement har huvudansvaret för denna process som omfattar fyra steg och ger stor möjlighet för olika intressegrupper att framföra sina synpunkter.

De fyra steg som FEARP omfattar är en kartläggande fas där relevanta fakta samlas in. Denna fas omfattar ett flertal offentliga utfrågningar och organisationer eller individer som på ett eller annat sätt är påverkade av problemet eller har relevant kunskap kan begära att få lämna synpunkter muntligt vid s k "hearings" eller skriftligen. Den första fasen leder till en preliminär kravspecifikation för den miljöeffektanalys som AECL skall sammanställa.

Den andra fasen omfattar en federal utfrågning där myndigheterna beslutar om vilka kriterier som skall gälla för miljöeffektutredningen.

Fas tre omfattar en granskning av den miljöeffektanalys som inlämnas av AECL inklusive kommentarer från andra myndigheter och intressegrupper som granskat rapporten.

Den fjärde och sista fasen är ett beslut av miljöministern huruvida studien är godkänd eller ej samt direktiv rörande vilka organisationer som skall ha fortsatt ansvar för det använda bränslets omhändertagande, samt hur programmet skall genomföras och i vilka steg.

FEARP-processen leds av en panel benämnd Environmental Assessment Panel - EAP. Panelen har sju medlemmar som till sin hjälp har en teknisk vetenskaplig expertgrupp benämnd Scientific Review Group - SRG med 13 medlemmar. Gruppens sammansättning ger förutsättning för en både bred och djup granskning av den rapport som AECL väntas publicera under 1992.

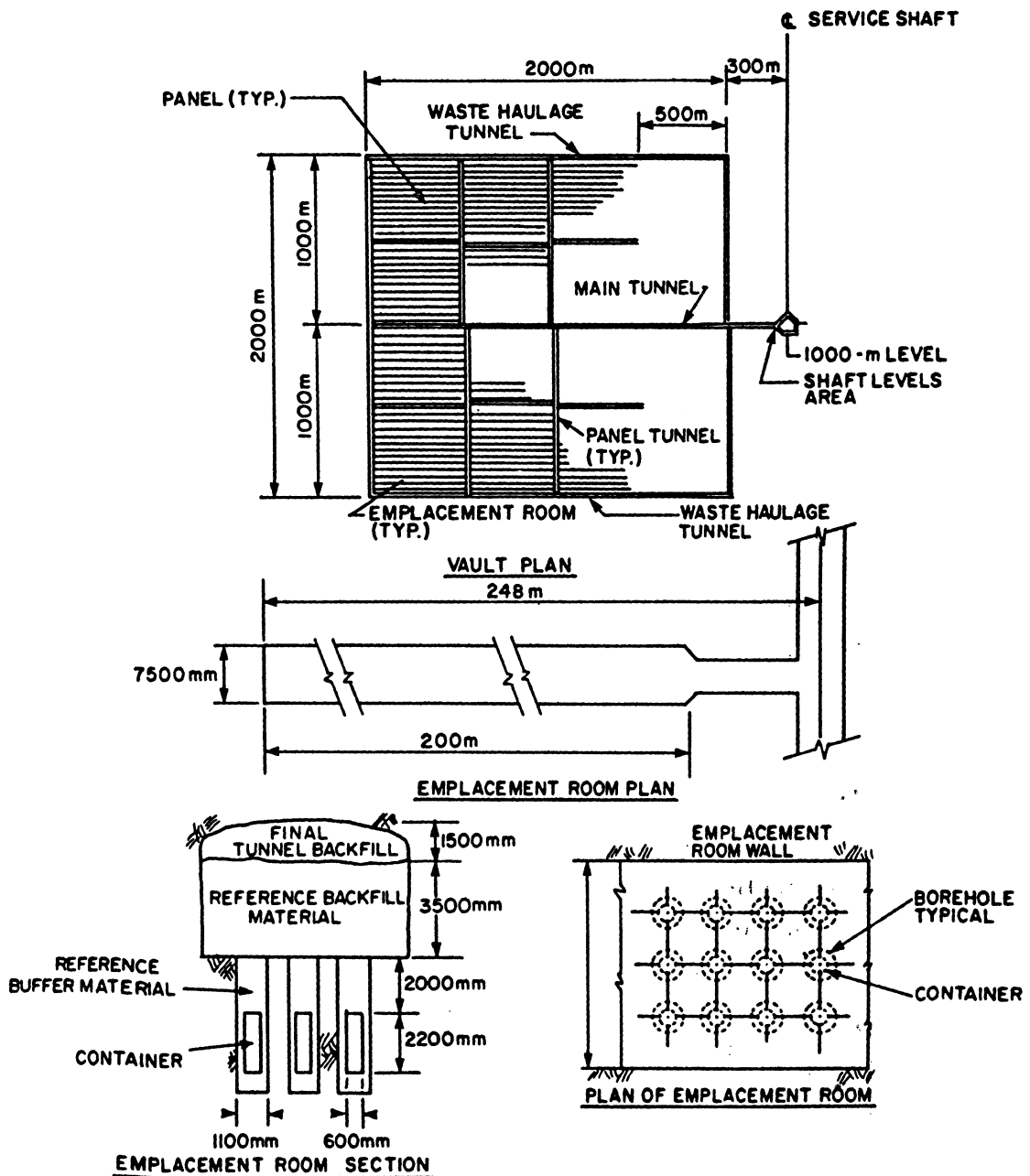
Vad gäller licensiering av kärntekniska anläggningar i Kanada har Atomic Energy Control Board - AECB ansvaret. AECB har gett ut tre dokument som ger dels allmänna direktiv, geologiska kriterier och övergripande säkerhetskriterier som bör uppfyllas för slutförvaring av använt bränsle. Dessa kriterier skall även beaktas i FEARPs arbete.

Det program som drivits av AECL sedan 1978 anses allmänt hålla en hög standard internationellt sett. Omfattande arbete har genomförts vad gäller bränsleupp-lösning, kapselmateriell, buffertmateriell, transport av grundvatten och transport av lösta ämnen i geosfären. Inom flera av dessa forskningsområden anses AECL vara internationellt ledande. AECL har också genomfört undersökningar av fem geologiska formationer för att samla data från kanadensisk berggrund. Sedan mitten av åttiotalet har AECL tillgång till ett underjordiskt berglaboratorium kallat URL där ett omfattande mät och experimentprogram är under genomförande.

Det huvudfall som utvecklats inför den konceptuella granskningen skiljer sig i vissa delar från det system som studeras i Sverige. Som nämnts tidigare skiljer sig bränslematrisen från det svenska bränslet och bränslet har också en större volym. AECL har valt att i sitt system lägga en jämförelsevis större funktion på den geologiska barriären och mindre på de tekniska barriärerna. Huvudalternativet för kapseln utgörs av en tunnväggig titankapsel. Till skillnad från det svenska huvudalternativet med en ren kompakterad bentonitbuffert avser AECL föreslå en sand/bentonit-blandning närmast kapslarna och ett betydligt större utnyttjande av betong för övrig pluggning av förvarsanläggningen (se även figur 4.3).

Oavsett dessa skillnader finns stora likheter mellan de svenska och kanadensiska huvudalternativen. Det bilaterala utbytet mellan SKB och AECL har historiskt varit omfattande och man kan även förutsätta att ett framtida utbyte kommer att bedrivas mellan dessa organisationer.

Vad gäller myndighetssidan har utbytet varit mindre med Kanada framförallt beroende på den ringa inblandning av de kanadensiska myndigheterna till dags dato. I och med att programmet nu går in i en mera officiell fas där AECLs arbete kommer att granskas och direktiv att ges för det fortsatta programmet kan myndigheternas roll komma att bli betydligt mera omfattande än hitintills. Kanada kommer troligen därmed att bli ett av de mera intressanta länderna att följa i framtiden från SKIs och SKNs sida.



Figur 4.3

Principskiss på det kanadensiska konceptet för slutförvaring av använt bränsle.

4.3.2 Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Kanada

Som framgår ovan har den formella platsvalsprocessen ännu inte påbörjats i Kanada. Ett av de direktiv som väntas ur FEARO-processen är hur platsvalet skall ske i Kanada och vem som skall vara ansvarig. Rent tekniskt har AECL skaffat en stor erfarenhet genom sina tidigare förberedande platsundersökningar och från ett sociopolitiskt perspektiv har Kanada stor erfarenhet av platsval med inslag av frivillighet och bildande av så kallade "Siting Task Forces".

Av de rapporter och artiklar som föreligger i platsvalsfrågan från Kanada - presenterade inte minst av medarbetare från AECL - kan man skönja en stor öppenhet gentemot berörda kommuner och provinser. Flera förslag bygger på att

söka frivilliga kommuner och att ge stort utrymme för offentliga så kallade "hearings" där samtliga berörda ges utrymme att lämna synpunkter. Förslag har även framförts att utnyttja arbetsgrupper, "Task Forces", där lokala representanter inbjuds att delta i själva platsvalsprocessen och därigenom ge lokala intressen delaktighet i de beslut som fattas. Kanada kan betecknas som en av de ledande nationerna i användande av denna typ av "decision sharing" som alltmer framförs som ett sätt att få till stånd en öppning i "NIMBY"-attityden, Not In My Back Yard.

Det finns således stor anledning att följa den kanadensiska utvecklingen dels rent tekniskt/vetenskapligt men också vad gäller det sociopolitiska arbetet.

4.3.3 Mellanlagring

För närvarande lagras det använda kärnbränslet vid de 18 reaktorplatserna i pooler. Nuvarande lagringkapacitet täcker ungefär 10 års behov. Ontario Hydro som ålagts att utreda mellanlagring har utvecklat flera torrlagringsmetoder vilka nu successivt testas vid olika reaktorer. Torrlagring är internationellt sett den metod som under senare år vunnit alltmer acceptans, framförallt på grund av sin flexibilitet och lägre kostnad jämfört med våtlagring.

Något beslut om mellanlagring i ett centralt lager har ännu ej fattats men eftersom man uttryckt att det använda bränslet bör ha svalnat och klingat av i 50 till 75 år när man börjar slutförvaringen, kan frågan om ett eller flera mellanlager förväntas bli aktuell inom de närmaste åren. Troligen kommer projektering och drift av ett eller flera mellanlager att ske under ledning av Ontario Hydro. Huruvida den inom kort påbörjade granskningen av konceptet för slutförvaring kommer att påverka mellanlagringsfrågan är i nuläget oklart.

4.4 Beskrivning av det schweiziska programmet för omhändertagande av använt kärnbränsle

4.4.1 Organisation och bakgrund

I Schweiz liksom i Sverige är det kraftindustrin som ålagts ansvaret för att utreda, projektera och bygga erforderliga anläggningar för omhändertagande av radioaktivt avfall från kärnkraftsprogrammet. Kraftindustrin har valt att sköta detta via ett gemensamt bolag vid namn Nationale Genossenschaft für Die Lagerung Radioaktiver Abfälle - NAGRA. Bolaget ägs delvis av den schweiziska staten för att kunna omhänderta radioaktivt avfall från forskning och sjukvård.

På federal nivå har ett antal organisationer och grupper formerats för att dels granska NAGRAs program och dels behandla de licensansökningar som lämnas in. Under departementet för transport, kommunikation och energi, EVED, sorterar en särskild grupp för energifrågor, BEW. Den federala säkerhetsmyndigheten HSK,

som motsvarar SKI i Sverige, sorterar tillsammans med ett antal samordningsgrupper under BEW.

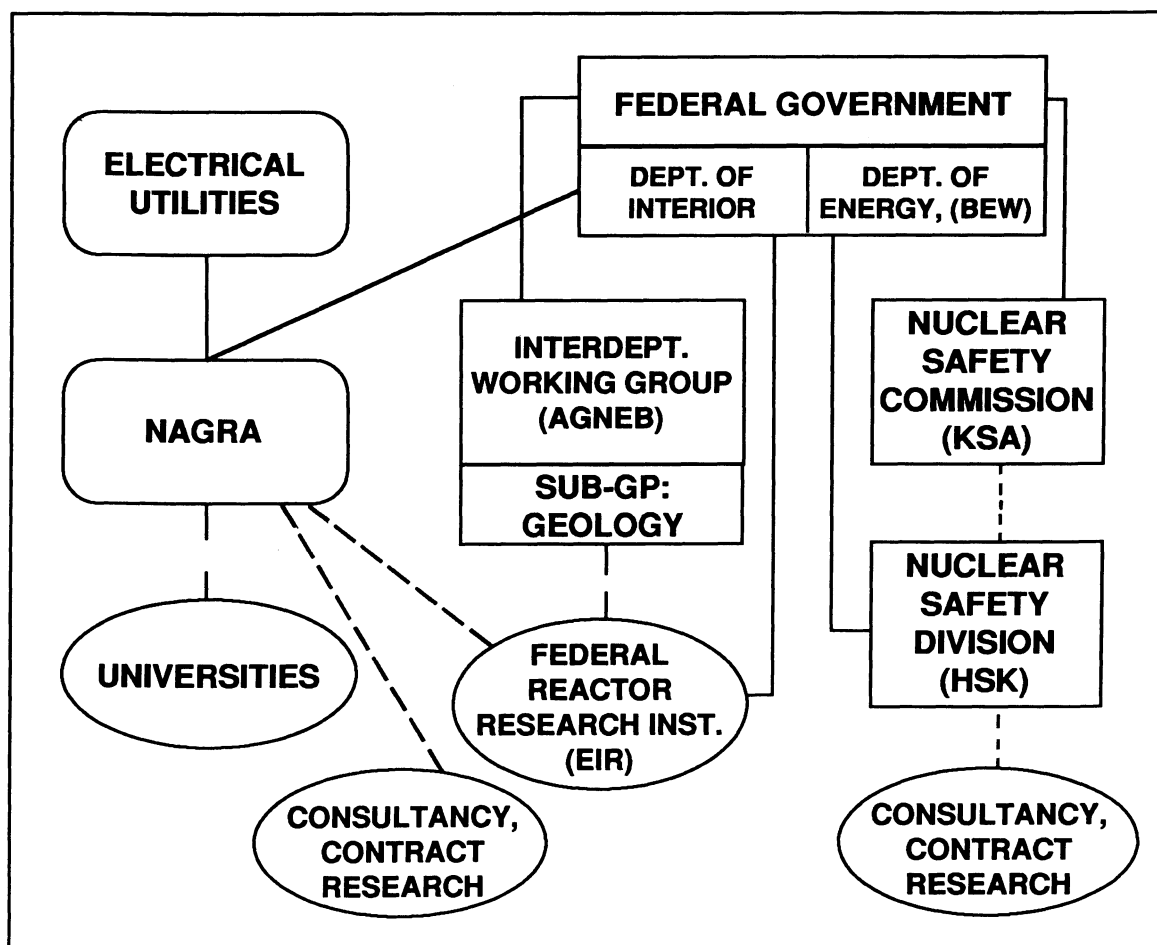
Den grupp som slutligt bereder energiministerns beslut benämns AGNEB och är sammansatt av representanter från statliga myndigheter med anknytning till energi och miljöfrågor. Till sitt förfogande har AGNEB - förutom förslag och rekommendationer från HSK grupperna - KSA och KNE. KSA, Kommissionen för kärnteknisk verksamhet, är en grupp experter med allmän kärnteknisk inriktning där även kraftindustrin finns representerad. KNE, Kommissionen för radioaktivt avfall, har ett något missvisande namn då gruppen uteslutande består av geovetenskapliga experter (se även figur 4.4).

Schweizisk lagstiftning kräver till skillnad från den svenska ett formellt stegvis licensieringsförfarande med syfte att förankra utbyggnaden av kärntekniska anläggningar. Processen innehåller fyra steg:

- Licens för platsundersökningar
- Licens för platsval
- Licens för byggnation
- Licens för drifttagning.

NAGRA skickar en licensansökan för något av ovanstående licensieringssteg till EVED för behandling. I praktiken sker denna behandling inom BEW.

Ansökan samt underlaget för denna innehåller tekniskt bakgrundsmaterial och en säkerhetsanalys baserad på den kunskap som är tillgänglig vid tillfället i fråga. Detta material skickas sedan till HSK för teknisk granskning. HSK sammanställer kommentarer, rekommendationer och eventuella förslag till villkor för ett beslut och returnerar detta till BEW.



Figur 4.4

Schweiz organisation inom kärnavfallsområdet, källa HSK 1991.

Underlaget skickas även parallellt till KSA och KNE för granskning. HSKs utlåtande remitteras därefter av BEW till KSA och KNE där HSKs rekommendationer granskas och kommenteras "utifrån ett vidare perspektiv" tillsammans med det tekniska underlag som lämnats. Både KSA och KNE lämnar därefter sina synpunkter på både underlagsmaterialet och HSKs utlåtande till BEW.

HSK får därefter tillfälle att studera och kommentera KSAs och KNEs kommentarer och rekommendationer och lämnar därefter sina slutliga synpunkter till BEW.

Till sist går hela paketet till AGNEB för en slutlig beredning inför ett beslut i den federala regeringen (EVED).

Ovanstående process ger således den federala regeringen och de statliga myndigheterna stora möjligheter att kommentera och ställa villkor på NAGRA samtidigt som olika nivåer inom administrationen involveras under beredningen av beslutet.

Processen ger stort utrymme för belysning av icke tekniska aspekter och kan i många stycken liknas vid SKNs granskning av SKBs FoU-Program. En viktig skillnad är att den schweiziska granskningen är anläggningsspecifik och inte bun-

den till vissa tidpunkter vilket möjligen gör den mer konkret med avseende på det beslut som skall fattas.

Vidare kan man notera att NAGRA ges möjlighet att delta vid AGNEBs möten som observatör. Kraftindustrin har även en direkt möjlighet till insyn i KSA där tre av medlemmarna väljs av kraftbolagen. NAGRA ges möjlighet att kommentera samtliga granskningsutlåtanden efterhand som de publiceras.

4.4.2 Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i Schweiz

Schweiz har inte lagt fast något detaljerat program för hur platsvalet skall gå till vad gäller förvaret för det högaktiva avfallet. Då policyn för närvarande är att upparbeta det använda bränslet i Frankrike och därefter slutförvara det förglasade avfallet i ett geologiskt slutförvar med början runt år 2020 finns fortfarande tämligen gott om tid för utveckling av alternativa förvarsmedia (kristallint eller sedimentärt berg) och förvarssystem.

Den plattform som finns i Schweiz utgörs av projekt Gewähr (projekt garanti) som kan liknas vid de studier (KBS 1 och KBS 3) som genomfördes under den dåvarande villkorslagen i Sverige.

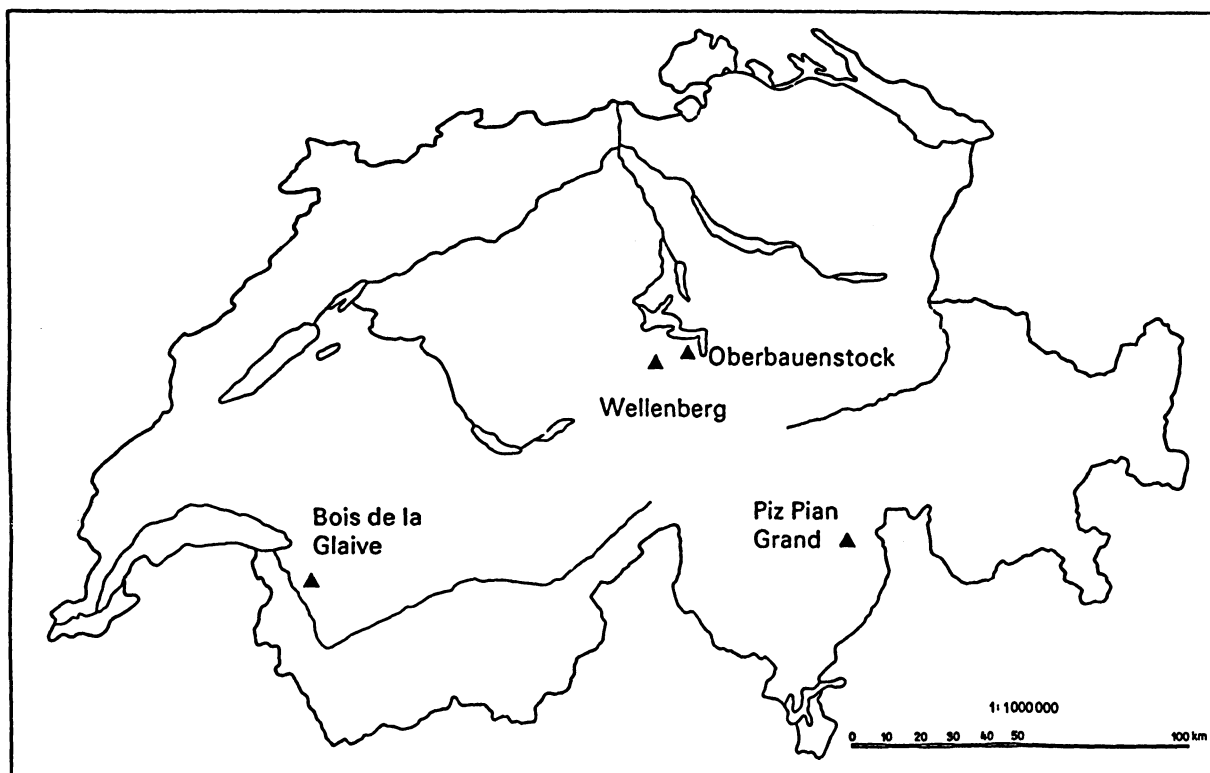
Myndighetsgranskningen av projekt Gewähr resulterade i ett antal direktiv beträffande det fortsatta arbetet i Schweiz. Dessa direktiv kan sammanfattas i följande punkter:

- Då norra Schweiz efter NAGRAs undersökningar visar sig ha betydligt mindre tillgängligt kristallint berg skall en studie som syftar till att utreda de sedimentära bergarternas lämplighet tas fram.
- Analyserna i projekt Gewähr baseras vad gäller kristallint berg på data från ett borrhål. Dessa analyser skall kompletteras med data från de resterande djupa borrhål som borrats och undersökts.
- En jämförande säkerhetsanalys av kristallina och sedimentära bergarter skall därefter genomföras med syfte att komma fram till en fortsatt inriktning.

I samband med den jämförande säkerhetsanalysen kommer troligen ett program för platsval att presenteras av NAGRA för myndigheternas granskning. Ingen information föreligger i nuläget hur en platsvalsprocess kommer att gestalta sig.

Den del av NAGRAs program som för närvarande har högst prioritet är platsvalet för ett låg- och medelaktivt avfallslager.

NAGRA har genomfört eller håller på att genomföra platsundersökningar på fyra platser (Bois de la Glaive, Piz Pain Grand, Oberbaustock och Wellenberg, se även figur 4.5) och en rapportering planeras under 1992 tillsammans med en rekommendation beträffande platsval och detaljerat platsundersökningsprogram för myndigheternas granskning.



Figur 4.5

Platser som studeras med avseende på lämplighet för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall, källa Waste Management in Switzerland HSK 1991.

Under 1993 planeras ett underjordiskt berglaboratorium på den plats som väljs. Med dagens information lutar valet åt Wellenberg som dels har visat sig vara säkerhetsmässigt fördelaktigt och dessutom ligger i en region där man visat sig någotsånär villig att acceptera ett slutförvar.

Erfarenheterna från platsvalet för förvaret för det låg- och medelaktiva avfallet kommer troligen att spela stor roll när en metodik för lokalisering av ett förvar för högaktivt avfall föreslås.

Två komplicerade aspekter rörande Schweiz och lokalisering av ett förvar för högaktivt avfall är dels den komplicerade geologin i Schweiz och dels den höga befolkningstätheten. Schweiz har därför i olika internationella sammanhang framfört önskemål om att möjligheterna till ett internationellt avfallsförvar bör studeras. Schweiz har inte fått något gehör för detta. Internationell policy är att varje land skall ta hand om sitt eget kärnavfall.

4.4.3 Mellanlagring

Då Schweiz som huvudlinje har valt att välja upparbetning har mellanlagringsfrågan haft låg prioritet. Enligt nuvarande planer kommer ett mellanlager i anslutning till den plats som väljs för ett låg- och medelaktivt förvar även att

användas för ett mellanlager för förglasat avfall. Jämfört med ett mellanlager för använt bränsle är behovet av kylning mindre, varför en relativt enkel lösning med luftkylning kan förväntas. I väntan på licensiering av ett mellanlager av permanent slag planeras viss begränsad mellanlagring vid kärnkraftanläggningen i Beznau.

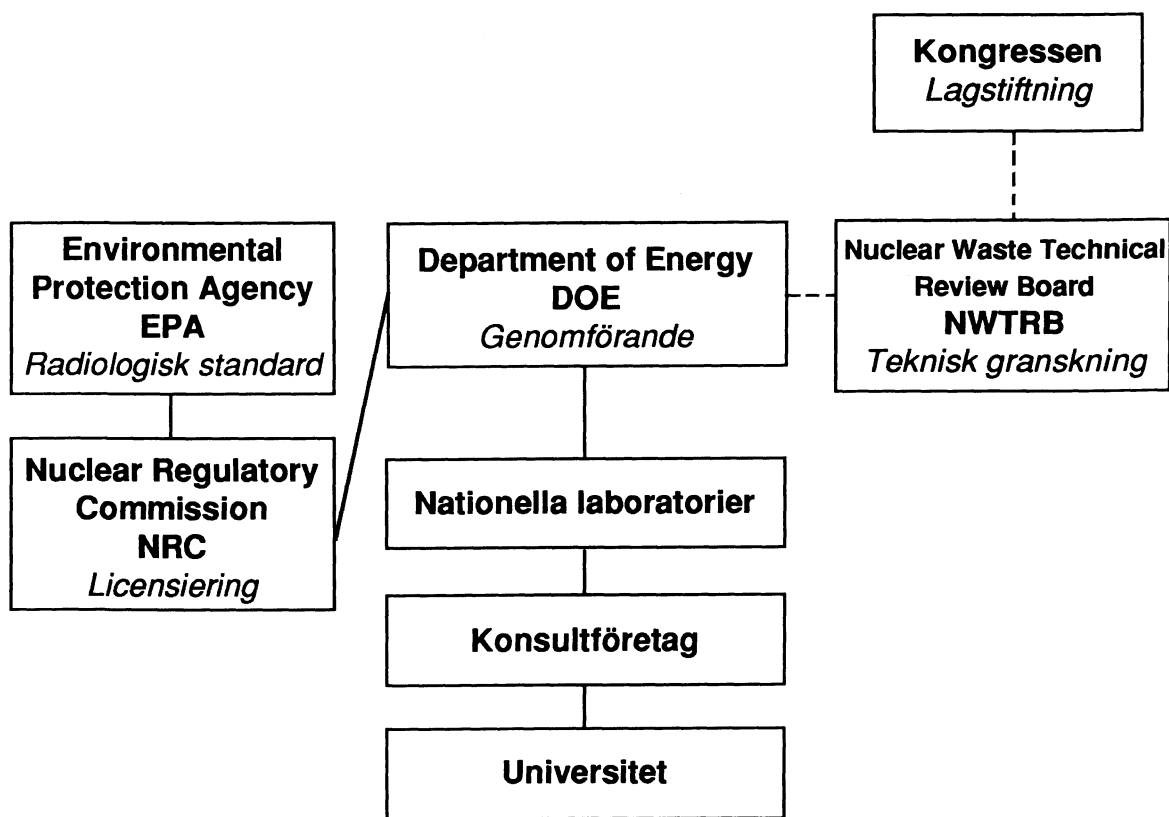
4.5 Beskrivning av USAs program för omhändertagande av använt kärnbränsle

4.4.1 Organisation och bakgrund

I USA styrs verksamheten till mycket stor del genom lagar som stiftas av kongressen och genom juridiska processer som baseras på dessa lagar.

Grunden för nuvarande ansvarsbild i USA utgörs av den så kallade "Nuclear Waste Policy Act" från 1982 samt ett tillägg genom den så kallade "Amendment's Act" från 1987. Kort innebär dessa två lagar att den federala administrationen har ansvaret för utveckling av metoder, projektering av mellanlager och slutförvaring av använt kärnbränsle och högaktivt avfall. Ansvaret omfattar både så kallat civilt avfall från kärnreaktorer för elproduktion och avfall från militär upparbetning.

Department of Energy, DOE, har ålagts ansvaret att för "administrationen" ansvara för programmets genomförande. Ett särskilt kontor - Office of Civilian Radioactive Waste Management - OCRWM inom DOE har bildats för detta ändamål (se även figur 4.6)



Figur 4.6

USAs organisation för omhändertagande av använt kärnbränsle, källa Under-standing Radioactive Waste BATELLE Press 1982

På amerikanskt sätt sträcker sig lagstiftningen längre än vad som är fallet i Sverige. Exempelvis har lagstiftarna i kongressen angett en tidsplan för programmet och sedan 1987 även anvisat en enda kandidatplats som för närvarande skall undersökas beträffande sin lämplighet som slutförvarsplats.

Denna plats kallas Yucca Mountain och ligger i Nevada utanför staden Las Vegas.

Lagen reglerar hur avgifter för det använda bränslets omhändertagande skall tas ut och DOE redovisar årligen till kongressen ett förslag till avgift per kilowattimme baserat på uppdaterade kostnadsberäkningar. Enligt lagen skall även DOE med start 1998 börja att ta emot avfall från kraftbolagen. Detta har även befästs i separata avtal med de enskilda bolagen.

Kongressen anger långtgående instruktioner för hur berörda stater och andra intressenter skall ges möjlighet att granska DOEs arbete. Till exempel bekostas ett kontor med heltidsanställda tjänstemän i staten Nevada.

Lagstiftningen ger även Nuclear Regulatory Commission, NRC, vilket i Sverige motsvaras närmast av SKI, mandat som licensieringsmyndighet. Det åligger NRC

att fastställa kriterier för förvar av högaktivt radioaktivt avfall i geologiska formationer. NRC har således gett ut tekniska kriterier på stor detaljeringsnivå. På senare år har dessa kriterier kritiserats från olika håll då de dels anses hämma utvecklingen genom att bygga på en kunskapsnivå som gällde för mer än 10 år sedan och dels genom sin struktur kan fälla ett förvar på grund av att ett delkrav inte har uppfyllts även om det totala systemet klarar övergripande säkerhetskrav för skydd för människa och miljö.

Ett exempel på ett diskuterat kriterium är kravet på minst 1 000 års grundvattentransporttid för en möjlig transportväg för lösta radionuklider. När detta kriterium skrevs i USA var huvudalternativet salt som förvaringsmedium och här innebar grundvattentransport inte något större problem. I Yucca Mountain som består av en omättad tuff, vilket är en bergart bildad av vulkanisk aska, utgör just grundvattentransport i omättad form en av de svåraste sakerna att vetenskapligt utreda. Således har frågan börjat bli av juridisk karaktär snarare än teknisk och som i alla sammanhang när man beskriver förlopp i geologiska formationer finns alltid osäkerheter och under vissa extrema förhållanden, så kallade scenarier, kan exempelvis grundvattentransport ske tämligen fort om än med mycket låg sannolikhet. Frågan blir således om man juridiskt har uppfyllt satta kriterier och inte om man kan bygga ett säkert förvar eller ej.

För att löpande granska DOEs arbete inrättades under 1989 en ny grupp med namn Nuclear Waste Technical Review Board - NWTRB. NWTRB har i uppgift att granska DOEs tekniska planer och redovisade resultat. En rapport skall lämnas var sjätte månad till chefen för DOE och kongressen. NWTRBs uppgifter liknar de som statens kärnbränslenämnd har i Sverige. NWTRB och SKN bedriver även vissa gemensamma utredningsprojekt inom ramen för ett utbytes- och samarbetsavtal.

Sedan den så kallade "Amendments Act 1987" trädde i kraft har DOE således endast mandat att studera Yucca Mountains lämplighet som slutförvarsplats. Staten Nevada har gjort allt för att stoppa dessa studier genom att ej bevilja de miljötillstånd som behövs. DOE stämde 1988 staten Nevada inför domstol och har vunnit första omgången. Nevada har dock många återstående möjligheter att fortsätta att fördröja projektet genom att nyttja olika lagar varför kongressen påbörjat utarbetandet av en ny lag som innebär att DOE inte behöver underordna sig statliga lagar i sitt arbete med att undersöka en plats lämplighet. Denna fråga har redan utvecklats till en "state rights" fråga och rör därmed vid den mycket känsliga frågan om en stats rättigheter jämfört med federationens roll. Utgången i denna debatt är högst oförutsägbar och har lite att göra med slutförvaring av kärnkraftsavfall.

Kraftbolagen i USA uttrycker en allt större oro för att stora belopp spenderas årligen ur avfallsfonden utan att några framsteg görs och har vid flera officiella sammanhang indikerat att man kommer att bygga egna mellanlager och skicka räkningen till DOE. Denna fråga kommer att ställas på sin spets 1998 om de federala myndigheterna inte då, som lagen föreskriver, kan ta emot använt bränsle från kraftbolagen.

4.4.2 Slutförvaring av använt kärnbränsle, platsvalsprocessen i USA

USA var ett av de första länderna i världen som påbörjade en formell platsvalsprocess. Faktum är att till skillnad från de flesta länder valde USA att gå direkt på plats-specifika undersökningar utan att ha genomfört någon konceptuell studie om de allmänna grunderna för slutförvaring i geologiska formationer. Möjligen har detta faktum försvårat den allmänna acceptansen för geologisk förvaring. I praktiken innebär detta att USA utvecklar systemet parallellt med platsundersökningar vilket visat sig vara problematiskt då man hade svårt att redogöra för hur själva förvaringen skulle gå till eftersom frågor om förvarets utformning, kapselmateriell och val av buffertmaterial icke kunnat besvaras entydigt.

De första platsundersökningarna bedrevs i staten Kansas under första hälften av sjuttio-talet av DOEs föregångare men lades ned efter stort motstånd från den lokala befolkningen och statens förtroendevalda. Ett omfattande platsvalsarbete påbörjades därefter inom områden som ägdes av federala myndigheter. I denna process valdes ett antal områden med skiftande geologi med tyngdpunkten på salt. Fältundersökningar bedrevs därefter framförallt på kärnvapenanläggningen vid Hanford i staten Washington och Nevada Test Site i Nevada.

I och med att den nya kärnavfalls-lagen kom till 1982 lades en arbetsgång fast för hur platsvalet skulle gå till.

I lagen från 1982 bestämdes även att två kärnavfallsförvar skulle byggas, ett i västra och ett i östra USA. De platser som var längst komna, Hanford och Nevada, var givna kandidater för ett första förvar men eftersom tre platser krävdes stod valet mellan ett antal salt-domer och lagrade saltformationer. 1986 valdes en lagrad saltformation i Herford Texas som den tredje kandidatplatsen.

Parallellt med valet av tre platser för ett första förvar bedrevs utredningar kring lämpliga områden i kristallint berg i östra USA. Under 1985 valdes 12 områden som kandidatplatser för ett andra avfallsförvar och stor politisk turbulens uppstod. Dessutom offentliggjordes platsvalet under en valkampanj till senaten varför situationen bedömdes politiskt ohållbar och det andra avfallsförvaret drogs tillbaka av DOE med motivet att något behov ej förelåg på grund av mindre avfallsproduktion. Detta besked lugnade i och för sig de östra staterna något men i stället uppstod svårigheter med de stater som härbärgerade de tre kandidatplatserna för ett första förvar i västra USA.

Syftet med två förvar byggde på en bred politisk uppgörelse som syftade till regional balans. Med tanke på att USAs östra stater har en mycket stor del av de kommersiella kärnreaktorerna ansåg de västra staterna att det var oacceptabelt att de skulle ta hand av hela avfallsvolymen i landet.

Efter ett flertal politiska turer valde slutligen kongressen att gå in med ny lagstiftning genom ett tillägg 1987 som inte bara tog bort kravet på ett andra förvar, tills vidare, men också på politiska grunder beslutade att endast en plats skulle

undersökas, nämligen Yucca Mountain i Nevada. Att detta beslut politiskt gick att få igenom berodde på i huvudsak tre faktorer.

- För det första ställde sig de mäktiga östamerikanska staterna bakom eftersom fortsatta studier för ett andra förvar tills vidare lades på is.
- För det andra ställde sig staterna Texas och Washington bakom eftersom de själva - åtminstone under tiden som Yucca Mountain undersöktes - inte längre var aktuella.
- För det tredje var staten Nevada en av de politiskt svagare staterna.

Det var även tämligen lätt att övertyga övriga stater om att rösta för lagen eftersom vidare sökande efter platser inom nationen som helhet avslutades.

Sedan 1987 har DOE således koncentrerat sig på att få igång platsundersökningar av Yucca Mountain och som ett led i detta har en plan, "Site Characterization Plan", på 7 000 sidor tagits fram som beskriver nuvarande kunskaper om platsen samt de aktiviteter som planeras för detaljundersökningar.

Platsundersökningsplanen har utsatts för en omfattande granskning av myndigheter och staten Nevada. För varje aktivitet tas även fram en detaljerad aktivitetsplan, "Study Plan". Totalt finns i dag 120 sådana aktivitetsplaner på sammanlagt mer än 12 000 sidor. Även dessa planer granskas och kommenteras.

Den omfattande dokumentation som föreligger gör det mycket svårt för den oinvigde att bilda sig en uppfattning om programmet samtidigt som det orsakar svårigheter för dem som arbetar i programmet.

Själva kärnan i programmet, fältundersökningarna, har inte kunnat påbörjas då staten Nevada vägrat hantera de ansökningar som DOE lämnat in vad gäller miljöstörande verksamhet. Efter det att Högsta domstolen gett direktiv till staten att behandla ansökningarna har två av totalt ett tjugotal sökta tillstånd beviljats. De tillstånd man nu förfogar över ger möjlighet att utföra ett antal karteringsdiken men ej att borra eller påbörja tunnel- och schaktarbeten.

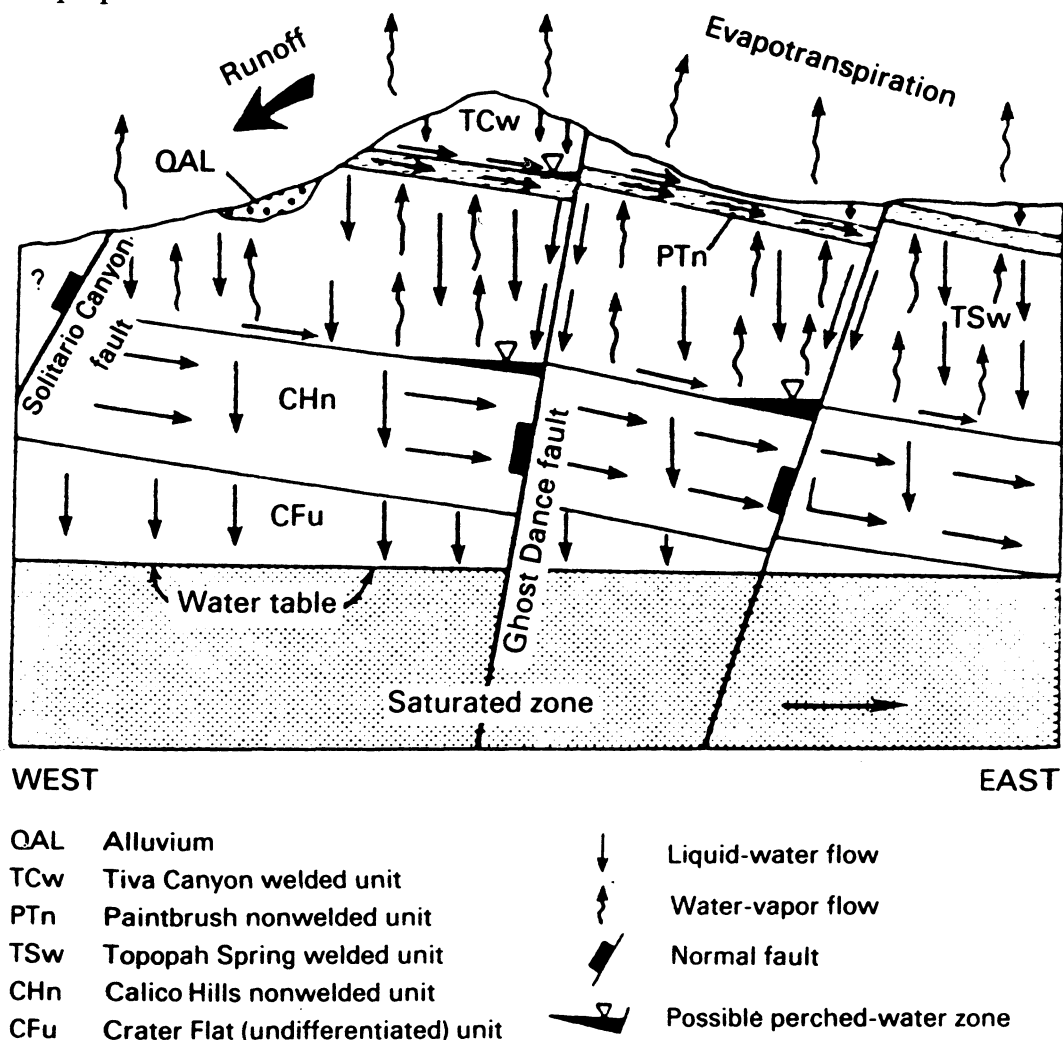
Yucca Mountain-projektets framtid får fortfarande bedömas som osäker. Staten Nevada har annonserat att man kommer att göra allt som står i dess makt för att stoppa undersökningar och slutförvaring i Nevada. Vissa utskott i kongressen har påbörjat framtagande av nya lagförslag som - om de går igenom - kommer att ge DOE fullmakt att genomföra behövliga undersökningar oberoende av statlig lagstiftning. Detta för att undvika vad energiminister Watkins betecknade som en situation som kräver 1 000 advokater i 10 år. Med tanke på den "state rights" debatt som dessa lagförslag förorsakat är det högst tveksamt om en majoritet kommer att ställa sig bakom.

Tekniskt vetenskapligt utgör undersökningarna av Yucca Mountain en utmaning. Själva formationen utgörs av en tuff, en lagrad vulkanisk aska med ca 20 % porositet. Vattenmättnaden är mellan 80 och 95 % i större delen av formationen och således sker vattenströmning i omättad form vilket utgör ett tämligen utforskat område i sig. Själva förvaret planeras att placeras ovanför grundvatten-

ytan på ca 250 m djup. En av huvudfrågorna är hur sprickzoner och enskilda sprickor leder vatten genom formationen (se även figur 4.7).

En annan komplicerad fråga är vulkanismen i området. Själva Yucca Mountain bildades för ca 12 miljoner år sedan genom stora nedfall av vulkanisk aska från mycket omfattande vulkanutbrott och bergskedjebildningar. Under yngre geologisk tid har mera "långsam", eller så kallad basisk, vulkanism förekommit bland annat i nära anslutning till Yucca Mountain. Vulkanism kommer att vara ett huvudscenari för utvärdering av förvarets säkerhet.

Klimatet i området är mycket torrt och klassificeras som öken. Nederbörds-
mängden är ca 200 mm/år. I kombination med en avdunstningspotential som ligger på närmare 1 000 mm förekommer därför en liten infiltration. Nederbörden i området faller i huvudsak i samband med åskväder ett fåtal gånger per år. Om klimatet av någon anledning skulle förändras mot större nederbörd eller minskad avdunstning kommer det mycket känsliga omättade flödet att snabbt förändras och grundvattenytan att stiga. Detta utgör ett annat komplicerat scenario för ett slutförvar på platsen.



Figur 4.7

Yucca Mountain, snitt av förvarsblocket som studeras, källa Site Characterization Plan US DOE 1988.

4.4.3 Mellanlagring

DOE har även ålagt att utreda behovet av och alternativa lösningar för mellanlagring av använt bränsle. Då den federala administrationen via DOE i avtal förbundit sig att ta emot använt bränsle 1998 ter sig mellanlagring som det enda realistiska alternativet för att tidsmässigt kunna leva upp till detta avtal. DOE har förespråkade ett mellanlager, så kallat "Monitored Retrievable Storage" eller MRS, med motiveringen att det kan komma att behövas av tidsskäl samt att det vid drift av ett slutförvar kan användas som buffertlager.

Under 1986 tillsatte kongressen en särskild kommitté för att granska behovet av ett mellanlager, men utredningen kunde inte enas om några klara rekommendationer.

Det stora problemet politiskt är att frågan om ett mellanlager uppfattas som en väg runt ett slutförvar. Mellanlagret kan möjligen uppfattas som ett substitut för ett slutförvar som ingen stat vill ta emot.

För att försöka komma till rätta med detta dödläge lagstiftade kongressen i 1987 års tillägg om en förhandlare, "negotiator". Förhandlaren skall genom att erbjuda attraktiva federala projekt och forskningslaboratorier försöka finna frivilliga stater för ett slutförvar eller mellanlager. Förhandlingarna skall vara klara 1992-93 då en rapport skall sammanställas med rekommendationer till kongressen.

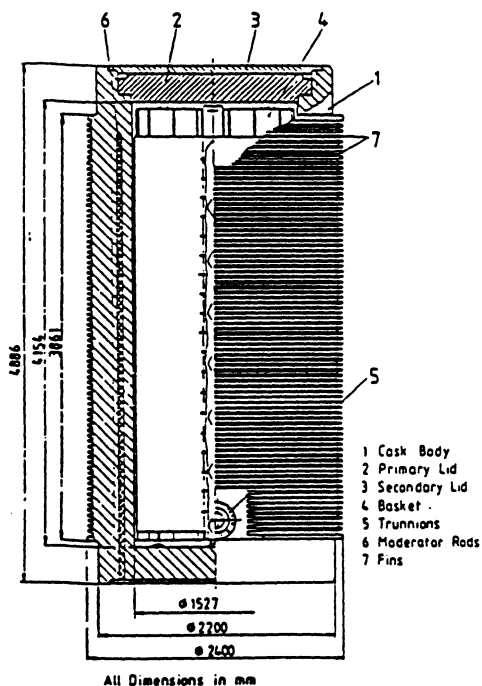


Figure 4-2
CASTOR V dry storage
cask (GNS).

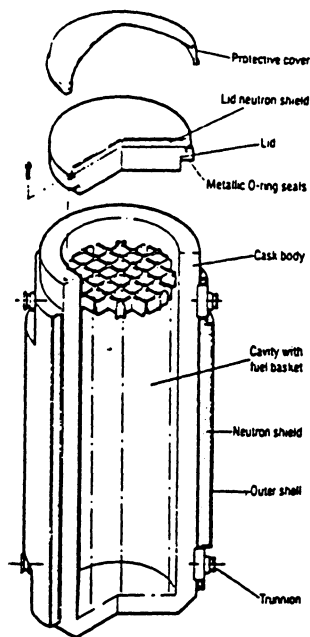


Figure 4-3
TM-24 multipurpose dry
cask (TN).

Figur 4.8

Exempel på behållare för torrlagring, källa Trans Nuclear och Gesellschaft für Nukleare Service.

Under åttiotalet studerades olika tekniska alternativ för mellanlagring och man har fastnat för en torr lagringsmetod där förvaringskapslar placeras under kylhuvar av konvektionstyp (se även principskiss figur 4.8). Våtlagring som valts i Sverige har angetts som tekniskt genomförbart men alltför dyrt. Genom kraftbolagens försorg finns i dag fyra olika mellanlagringsmetoder licensierade för provdrift och flera metoder kommer inom kort att behandlas av licensieringsmyndigheten NRC. Om DOE således får mandat för ett mellanlagringsprojekt i en frivillig stat kan en licensansökan troligen sammanställas tämligen omgående.

Det återstår dock en komplikation av i huvudsak politisk karaktär, framför allt vad gäller transportfrågan. Genom att ett stort antal stater med och utan kärnkraftverk kommer att bli utsatta för transitering är denna fråga mycket svår att lösa. Nästan samtliga stater sätter sig emot transporter av radioaktivt avfall på sitt territorium och flera stater har även lagstiftat mot sådana transporter. Att komma fram till en transportplan med bred acceptans kommer att vara en utmaning för DOE om man väl hittar en plats för ett mellanlager.

4.5 Verksamhet inom internationella organisationer relaterat till kärnavfallsområdet

Som nämnts tidigare i detta kapitel har forskningen i Finland, Kanada, Schweiz och USA bedömts ha störst intresse när det gäller slutlig förvaring av använt bränsle och högaktivt avfall. Dessa länder har här valts då de driver omfattande och kompletta forskningsprogram som tekniskt och tidsmässigt stämmer väl överens med det svenska programmet. Ett fortsatt utbyte med dessa länder ter sig därför angeläget både vad gäller kraftindustrin och de berörda myndigheterna i Sverige.

Vid OECD i Paris finns en avdelning, "Nuclear Energy Agency" NEA, som bland annat handlägger kärnenergifrågor. En mindre grupp (ca 4 personer) inom denna avdelning arbetar uteslutande med frågor rörande kärnavfallshantering.

OECD/NEA fyller i huvudsak två funktioner. Den viktigaste är att samordna överföring av erfarenheter och resultat från kärnavfallsforskningen mellan medlemsländerna. Detta görs genom en organisation som består av en styrgrupp och två tekniska arbetsgrupper. För närvarande är arbetsgrupperna inriktade på frågor rörande säkerheten i ett slutförvar och hur den kan utvärderas genom så kallade säkerhetsanalyser och frågor rörande hur man lämpligast karakteriserar en möjlig förvaringsplats och med vilka metoder. Anledningen till att just dessa frågor valts är dels den generella karaktären och dels dessa frågars aktualitet i medlemsländerna.

Den andra huvuduppgiften inom OECD/NEA är att ta fram så kallade "Collective opinions". Arbetet inom NEA bedrivs med representanter från respektive nations program och granskande myndigheter. Genom att sammanställa gemensamma tekniska dokument rörande nyckelfrågor inom området slutförvaring av använt kärnbränsle och högaktivt avfall etableras en konsensus rörande kunskapsläge och behov som kan sägas utgöra en form av accepterad kunskapsplattform för de enskilda nationella programmen. NEA har genom denna insats lyckats etablera en respekterad roll som katalysator i en process som förhoppnings-

vis kan leda fram till nationella lösningar med bred internationell förankring. Det framstår som angeläget att kraftindustrin och svenska myndigheter även fortsättningsvis deltar i NEAs arbete.

IAEA, det internationella atomenergiorganet inom FN, är en annan organisation som arbetar med överföring av erfarenhet och kunskap inom bland annat kärnavfallsområdet. IAEA har en mycket bred krets av medlemmar. Det är därför en av IAEOs viktigaste uppgifter att hjälpa nationer med mindre program eller en begränsad inhemska kompetens att organisera sina avfallsprogram och överföra erfarenheter och kunskap från mera utvecklade nationer.

Som följd av den svenska medlemsansökan till EG finns det anledning att utöka kontakterna med berörda myndigheter inom EG. SKB har sedan 1986 ett multilateralt avtal med det Directorate General, DG, som handhar energifrågor, närmare bestämt med DG 12/D/2 som handhar forskning och utveckling inom kärnavfallsområdet. Detta avtal har givit tillgång till forskningsresultat samt möjliggjort att svenska forskare har kunnat delta som observatörer inom vissa för Sverige intressanta projekt. Exempel på projekt där SKB kommer att delta dels som observatör men även genom att ställa forskare till förfogande är studier av naturliga analogier i ett område vid Gabon i Afrika.

SKI har ett informationsutbytesavtal inom kärnavfallsområdet med EG som reglerar utbyte av publikationer och annan information. Avtalet ger även möjlighet för respektive organisation att sända observatörer till tekniska möten. I SKI projektet DEKOVALEX (validering av bergmekaniska modeller kopplade med mekanismer för grundvattentransport) deltar ANDRA och CEA/IPSN från Frankrike och NIREX från England finansierade av EG-medel.

SKI har även etablerat en övergripande EG-grupp för reaktor-, safeguard- och avfallsfrågor för att bättre kunna delta i de alltmer omfattande kontakterna med EG.

Hur samarbetet kommer att se ut efter ett eventuellt medlemskap är ännu inte klart. Forskningen bedrivs inom EG-programmet genom så kallade "Cost sharing actions" där forskningsmedel fördelas från de centrala myndigheterna till respektive land och bekostas av den gemensamma EG-budgeten. Varje land har dock fortfarande kvar nationella program för att komma fram till enskilda lösningar anpassade till respektive förutsättningar.

Med tanke på att Sverige ansökt om medlemskap i EG torde det vara angeläget från svensk sida att i första hand sätta sig in i EGs organisation och i andra hand kartlägga hur den svenska organisationen på kärnavfallssidan bäst och effektivast bör agera och samordnas relativt EG vid ett eventuellt medlemskap.

Närmast i tiden ter sig det femåriga (för initiering med start 1994) forskningsprogrammet inom EG viktigt att följa upp. Som eventuell EG-medlem kommer Sverige och svenska myndigheter att få full insyn och möjlighet att påverka beslut. Det finns dock ingen officiell process för Sverige - som ett land som sökt medlemskap - att påverka framtida projekt. Tjänstemän inom EG har dock ställt sig positiva till att svenska myndigheter ges en informell möjlighet att lämna kommentarer till forskningsprogrammet inom kärnavfallsområdet.

5. Riskbegreppet i ett socialt sammanhang

5.1 Risk, chans och sociala normer

I vardagsspråket använder vi ofta termerna risk och chans för att beteckna olika fenomen. Risk betyder då sannolikheten för ett negativt utfall medan chans betyder sannolikheten för ett positivt utfall. Det finns emellertid människor som använder den ena eller den andra termen till synes oberoende av konsekvenserna. Man kan t ex få höra en person säga att "– chansen att köra av vägen är mindre om bilen är försedd med dubbdäck", medan en annan person kan hävda att "– risken att vinna en miljon på lotto är liten". Sammanhanget tydliggör emellertid ofta skälen för denna språkliga sammanblandning. Att vidta säkerhetshöjande åtgärder inför bilåkandet minskar riskerna med detta färd sätt, d v s chanserna att överleva ökar, vilket här motiverar användandet av termen chans. Den låga sannolikheten att vinna storvinsten på veckans lotto innebär samtidigt att risken att förlora insatsen blir mycket stor. Därför kan man i detta fall inte bara tala om chans utan också om risk.

Språkförbistringen beror också på att det inte är givet vad en enskild person uppfattar som ett positivt respektive ett negativt utfall. Hur utfallet tolkas är beroende av personliga preferenser. En brand i det egna huset kan för en person innebära en katastrof som gör att livet slås i spillror, medan det för en annan person kan ge möjligheter att med hjälp av försäkringspengarna förverkliga en dröm. Det finns alltså ingen naturgiven bedömningsgrund för att fastställa vad som är positivt och vad som är negativt, d v s vad som utgör riskerna respektive chanserna i livet. Varje sådan bedömning måste utgå från en norm, t ex att människoliv är värda att rädda, ett långt liv är bättre än ett kort etc. Rent principiellt kan man formulera normer av denna typ utan att relatera dem till vad människor tycker om dem. I praktiken kan dock inte dessa normer upprätthållas om de inte är förankrade hos de människor som faktiskt har att förhålla sig till dem. Hur man värderar positiva respektive negativa utfall är därför beroende av normer och värderingar, vilka är *socialt* upprätthållna.

5.2 Riskanalys

Inom riskanalysen har man till uppgift att bestämma de två storheterna sannolikhet och konsekvens (=negativt utfall). En viktig historisk inspirationskälla för riskanalysen har varit den matematiska statistiken och dess analys av sannolikheter för olika utfall vid t ex roulette, tärning och kortspel. Ambitionen är här att ge numeriska värden åt såväl sannolikheter som konsekvenser. Utifrån en sådan typ av riskanalys kan därför kvantitativa jämförelser mellan olika risker göras på ett enkelt och åskådligt sätt.

Ett exempel på en riskjämförelse som är möjlig att enkelt kvantifiera är riskerna med att resa med bil jämfört med flyg. Bestäms konsekvensen till dödsfall blir denna lätt att kvantifiera. Sannolikheterna kan beräknas utifrån den befintliga statistiken som anger dels hur mycket de två olika färsätten används, dels hur många som omkommer genom detta nyttjande. Efter en sådan jämförelse kan man på ett i huvudsak objektivet sätt besvara frågan om vilket trafikslag som är mest riskfyllt (i förhållande till individens överlevnadschanser) av bil eller flyg. Men vill vi diskutera dessa risker i termer av enskilda individers överlevnadschanser och även i förhållande till olika typer av skaderisker, d v s inte endast dödsfall, hopar sig problemen och en strikt objektiv riskanalys kommer snabbt till korta. Man behöver då också ta med ett flertal nya faktorer i beräkningen, som exempelvis att bilförare agerar olika och att en flygplansolycka ofta får mer dramatiska konsekvenser än en bilolycka. Vi får då en flerdimensionell analys där flera av faktorerna kommer att bli svåra att kvantifiera och därmed försvåras relevanta jämförelser mellan olika risker.

5.3 Riskbedömning

Vid många viktiga risksituationer i vårt högteknologiska samhälle är det ofta svårt att ge såväl sannolikheterna som konsekvenserna numeriska värden. Detta av olika skäl. Sannolikheterna kan vara ytterligt små - men konsekvenserna katastrofala - som vid t ex flygplansstörtningar ovanför kärnkraftverk, eller de kan tillsammans med konsekvenserna vara okända, och därmed kunskapsmässigt osäkra, som är fallet t ex vid icke prövade teknologier eller ännu inte realiserade händelser, som vid genmanipulation, klimatförändringar och slutförvaring av radioaktivt avfall.

När sannolikheterna är små och konsekvenserna osäkra är erfarenheten (de faktiska utfallen) för liten för att ligga till grund för kvantifieringar. Det högaktiva kärnavfallet har ännu inte slutförvarats någonstans i världen och ännu har inte omfattande klimatförändringar inträffat. Sannolikheterna och konsekvenserna för dessa risker måste därför kvantifieras utifrån experters bedömningar, vilka kan vara grundade på olika typer av modellberäkningar och konstruerade framtids-scenarier, d v s utifrån bästa tillgängliga - teoretiska - kunskap i en situation då praktisk erfarenhet saknas eller är alltför osäker. Skillnaden mellan dessa typer av riskkvantifieringar byggda på expertbedömningar och de som grundas på empiriska utfall är att de förra är lättare att formulera invändningar mot därför att de har en mer artificiell karaktär innefattande en rad mer eller mindre osäkra bedömningar.

Men även i mycket enkla fall, såsom exemplet ovan om riskerna med att färdas med bil jämfört med flyg, grundas kvantifieringarna på statistik som inte alltid står i överensstämmelse med verkligheten. Statistiken kan innefatta mörkertal och utgå från klassificeringar som kan ifrågasättas; skador, bilmodeller, flygplanstyper och förartyper måste på något sätt klassificeras. De allra flesta kvantifieringar av sannolikheter respektive konsekvenser innefattar därför någras (fackmäns) be-

dömningar, vilka då kan motsägas av andra fackmän eller av lekmäns bedömningar.

Ett dilemma här är att de risker som de flesta av oss oroar oss mest inför är de som är svårast att kvantifiera. Det är då vi måste lita till bedömningar, som även om de görs av mycket kompetenta experter ändå utgör bedömningar.

5.4 Riskpsykologi

Kunskapen om hur människor, såväl experter som lekmän, bedömer risker behövs därför som ett komplement till riskanalysen. Det är mycket få fall där en helt objektiv riskanalys kan göras på ett meningsfullt och relevant sätt. Studiet av den subjektiva komponenten vid de tillfällen då riskanalyser och riskbedömningar görs och används blir särskilt angelägna att utföra vid följande tre situationer:

1. Vid de få tillfällen då en objektiv riskanalys har möjligheter att ge tillförlitliga svar på vilka risker som faktiskt föreligger, men då dessa inte överensstämmer med folkflertalets bedömningar och beteenden i förhållande till denna risk. Varför fortsätter vi att åka bil, och känna oss säkra i detta beteende, när vi "vet" att det är farligare än andra trafiksätt? Här behövs förklaringar till varför lekmäns riskupplevelser och experters bedömningar blir så olika. Hur kan människor som vill se kärnkraften avvecklad fortsätta med att röka, när man löper en betydligt större risk att dö en för tidig död om man röker än om man bor i omedelbar närhet till ett kärnkraftverk? Riskpsykologin kan förklara hur olika riskprioriteringar görs av såväl individer, grupper som samhällen.
2. När de faktiska kunskaperna (de empiriska utfallen) är begränsade och då sannolikheter och konsekvenser har en komplex karaktär. Vid denna situation, som i praktiken är den vanligaste, grundas såväl sannolikheterna som konsekvenserna på expertbedömningar. Här kan riskpsykologin ge oss bättre kunskaper om hur experter bedömer i förhållande till befintlig kunskap och dess inneboende osäkerheter.
3. Då risker jämförs i förhållande till varandra och i förhållande till bestämda normer tränger sig de subjektiva faktorerna på. Hur bedöms t ex de negativa konsekvensernas storlek? Väger en femåringens liv lika tungt som en nittioåringens? Ska stora men mindre sannolika konsekvenser bedömas strängare än mindre men mer sannolika? Har det någon betydelse om skadan inträffar nu eller i framtiden? Riskpsykologin söker ge svar på hur olika konsekvenser värderas i förhållande till varandra i det praktiska livet och vid beräkningar; och hur detta görs av såväl riskreglerande myndigheter som i allmänhetens vardagshandlingar.

När riskpsykologin söker förklara hur skilda riskuppfattningar uppstår anger man faktorer såsom attityder (t ex tillit till experter och auktoriteter och allmän hot-

känslighet) och värderingar (t ex hur ekonomisk tillväxt värderas i förhållande till ren miljö).

Riskpsykologin är ett internationellt sett relativt välutvecklat forskningsområde med egna tidskrifter, forskningsinstitutioner och konferenser. Resultaten från denna forskning pekar emellertid i riktning mot att sociologiska faktorer har stor betydelse för såväl experters som lekmäns riskbedömningar och för definitionerna av själva riskbegreppet. Detta betyder att olika grupper i samhället, stratifierade utifrån t ex klass, kön, yrke och värderingar, bedömer risker på olika sätt. Med andra ord utgör individens sociala position en bestämningssfaktor för hennes riskuppfattning. Riskuppfattningar kan därför betraktas som socialt genererade. Sociologer vill därför gå vidare och försöka besvara hur de olika attityderna och värderingarna som psykologerna pekat ut formas och upprätthålls. Enligt sociologerna står svaren att finna i samhällets organisatoriska förhållanden.

5.5 Risksociologi

En av sociologins viktigaste utgångspunkter är att samhället innefattar flera olika värderingsprinciper och rationalitetsformer. Riskpsykologin har visat att riskuppfattningar och riskdefinitioner formas av sociala värden. För att sätta in detta påstående i ett sociologiskt sammanhang skall vi ge en beskrivning med början i elementär klassisk sociologi och avsluta i modern sociologisk riskforskning. De sociologiska grundstenar som behövs för detta ändamål kan redovisas genom att tala om två grundläggande sociologiska tankefigurer.¹ Tillsammans kan de ge svar på hur det kommer sig att människor omfattar olika riskvärderingar. Utifrån tankefigurerna kan sedan verktyg utvecklas för att analysera de värderingskonflikter i samhället, som flera av de mest intensiva riskdebatterna om t ex kärnkraft och miljö är uttryck för.

Tankefigur 1: Samhället är indelat

Alla verksamma sociologer delar in samhället i sektorer, segment, grupper, klasser etc. Detta görs också i samhällsdebatten och av var och en av oss i vår vardagspraktik. Denna indelning skapar skiljelinjer och ger oss ett särskilt (särskiljande) sätt att tänka. Människor, företeelser, tankar och idéer klassificeras och stoppas in i olika fack och blir därmed till grupper, klasser och typer. Vissa av dessa tänkandets skiljelinjer är också materialiserade i verkligheten, medan andra endast finns i vårt medvetande. Sociologen strävar efter att hitta de (nya) gränslinjer kring vilka samhällets utveckling centreras, de gränser som är av verklig betydelse, som styr och omformar samhället och våra föreställningar.

För att få tydliga exempel på hur samhälleliga skiljelinjer kan formuleras på olika sätt kan vi vända oss till den politiska idédebatten. Inom den socialistiska

¹ För en beskrivning av termen tankefigur se Asplund, Johan, *Teorier om framtiden* (Stockholm: Liber förlag) 1981, s.146-170 och Asplund, Johan, *Essä om Gemeinschaft och Gesellschaft* (Göteborg: Korpen) 1991, s.12f.

traditionen görs distinktioner mellan olika samhällsklasser, mellan produktivt och improduktivt arbete och mellan stat och kapital. Dessa skiljelinjer är teoretiska begreppsbestämningar, som också går att konkret peka ut i samhället. Den borgerliga idétraditionen fokuserar aktörerna (såväl företag som individer) på marknaden, hur dessa utifrån sina resurser kan erövra makt och inta olika positioner. Utifrån aktörernas positioner delas sedan samhället in i olika statusgrupper. Då socialister talar om klasser talar borgerliga debattörer om status- eller socialgrupper, och dessa indelningar görs på olika sätt.

Inom dagens svenska politiska debatt förekommer flera försök att fixera samhällets grundläggande skiljelinjer. Den vanligaste distinktionen är nog den mellan stat och marknad, men alternativa distinktioner som dem mellan privat och offentligt och folkrörelser kontra etablissemangen förekommer också. En aktuell innovation i detta sammanhang är den skillnad som moderata samlingspartiet, med hjälp av sociologiprofessorn Hans Zetterberg, lanserat mellan den stora och den lilla världen (med den normativa innebörden att den lilla världen skall stå fri från politisk styrning). Dessa mycket enkla distinktioner som förekommer i den aktuella samhällsdebatten går vi alla omkring och bär på. Vi behöver inte vara samhällsvetare för att erfara eller fundera över dem och de kan påtagligt beröra oss i vardagslivet. Många får praktiskt erfara effekterna av att gränserna förflyttas, som exempelvis när tidigare statliga domäner privatiseras eller tvärtom när områden som varit under privat kontroll förstatligas.

För att konkretisera denna första sociologiska tankefigur, om samhället som ett indelat samhälle, kan man skilja mellan fyra samhällseliga sektorer: stat, marknad, intressegrupper (folkrörelser) och civilt samhälle (närsamhället, familjen, släktskaps- och grannskapsrelationer). De här fyra sektorerna kan sedan relateras till varandra på olika sätt och frågor kring deras inbördes relationer (utbytesrelationer) kan ställas: Vilken sektor styr vilken? Är någon mer grundläggande än de andra? Är någon överflödig? Hur ser de ut och hur borde de se ut inkluderat deras utbytesrelationer? Besvarandet av dessa frågor har gett upphov till många kontroverser inom sociologin. Alla sociologer erkänner dock att det finns olika sektorer i samhället, d v s att samhället på något sätt är indelat, särskiljande, men man är inte alltid ense om hur.

Tankefigur 2: Samhällets delar innefattar olika värden, vilka formar våra föreställningar om världen och oss själva

Denna andra tankefigur innebär att man antar att de olika sektorerna styrs av olika principer, innefattande olika sociala värden och rationalitetsformer. Det är detta som gör att vi över huvud taget kan skilja mellan olika samhällssektorer, utöver att de tar sig materiella uttryck. De olika sektorerna innefattar därför olika mål, kriterier på framgång och belöningssystem. Exempelvis fungerar den ideala marknaden utifrån kriterier som konkurrens, vinstmaximering och individuell kompetens, medan det civila samhället fungerar efter kriterier som närhet, omsorg och unicitet.

Om samhället består av olika sektorer, som den första sociologiska tankefiguren anger, vilka innefattar olika värden och rationalitetsformer, som den andra

tankefiguren anger, så innebär detta att det finns konkurrerande värden i ett och samma samhälle. Dessa erkänns dock oftast som komplementära och de flesta är överens om att olika situationer och olika sektorer kräver olika bedömningskriterier. Man erkänner att varje sektor har gränser, exempelvis att sexualiteten inte bör köpas på en marknad och att släktskap och känslomässiga bindningar inte är något bra urvalskriterium vid statliga tjänsteställningar. Den ivrigaste marknadsanhängare erkänner att någonstans går gränsen för marknadens värden och samma sak gäller för en person som hyllar det civila samhällets mer personliga och informella villkor. Någonstans blir det ineffektivt för samhället om alla är personligt engagerade i sina bedömningar, d v s om man först och främst värnar sin närmaste omgivning. Även om de olika värdena på ett principiellt plan erkänns som komplementära så råder det ofta konflikter om den optimala och mest rättfärdiga gränsdragningen mellan samhällets olika värden och sektorer.

En aktuell teoretisk analys av gränsdragningskonflikter i det moderna samhället har utförts av den tyske sociologen Jürgen Habermas utifrån distinktionen mellan systemvärld (stat-marknad) och livsvärld (civilt samhälle-intresseorganisationer). Habermas' slutsats är att systemvärlden idag koloniserar och hotar de värden som innefattas i livsvärlden. Livsvärlden har svårt att värja sig mot statens behov av kontroll och övervakning och marknadens penetrering av våra vardagsverkligheter genom media och produktreklam.

5.6 Politiska ideologier och uppfattningar om miljörisiker

Det är relativt enkelt att se hur olika politiska ideologier i princip erkänner de fyra samhällssektorerna, men att de också har sina grundläggande preferenser förlagda till en eller två av dem. Till dessa utvalda sektorer sätter de sitt hopp om ett bättre samhälle och säger då samtidigt att det är de övriga sektorerna som utgör problemet t ex att det är kapitalet (marknaden), facket (intresseorganisationerna) eller kommandostaten (staten) som har för stort inflytande över samhällsutvecklingen. Av tradition värderar socialismen staten och intresseorganisationerna positivt, medan konservatismen hyllar staten och det civila samhället. Nyliberaler utgår från marknaden i kombination med det civila samhället, medan de gröna (decentralistiska partier) betraktar intresseorganisationerna och det civila samhället som samhällets positiva krafter. Den sista möjliga kombinationen med stat och marknad återfinns som fraktioner inom olika ideologier som konservatism och socialism, ibland omnämnda som partier med betongprofil. Även korporativistiska ideologier av fascistisk karaktär hör hemma här.

Enligt de båda tankefigurerna föder olika sektorer skilda ideologier, eller starkare uttryckt: sektorer innefattar olika ideologier. När man försvarar en politisk ideologi försvarar man samtidigt en bestämd samhällssektor, d v s den sektor som man själv önskar skall expandera på de andra sektorernas bekostnad. Detta är då den sektor man själv verkar inom eller åtminstone har sina preferenser förlagd till. När man för fram en ideologi försvarar man därför även sina egna sociala förhållanden.

Det är inte bara politiska ideologier som formas utifrån uppfattningar om hur samhället är och bör vara indelat. Sammantagna innebär de två tankefigurerna att alla föreställningar präglas av att samhället är indelat på ett bestämt sätt. Redan en enkel sektorsindelning av samhället kan visa hur uppfattningar om risker och hot präglas socialt. Ett användbart och illustrativt exempel är uppfattningar om miljöproblem, både hur de orsakas och hur de kan lösas.

Utifrån en socialistisk ståndpunkt beror miljöproblemen av alltför fria marknadskrafter kombinerat med en snäv egoism i vardagslivet. Miljöproblemens orsaker förläggs därmed till marknaden och det civila samhället, medan lösningarna kopplas till statliga regleringar av marknaden, t ex genom lagstiftning, och genom att människor går samman i sociala rörelser (intresseorganisationer) för att få till stånd en bättre utveckling.

Utifrån en nyliberal ståndpunkt orsakas miljöproblemen av byråkrati och kommandoekonomi. Öststaternas utveckling tas ofta till intäkt för detta. Där har inte människor fritt fått utlopp för sin vilja och kompetens, men genom fungerande marknader kan såväl företagens (marknadens) som konsumenternas (det civila samhällets) kompetens och effektivitet befrämjas.

Utifrån en grön ideologi är problemet etablissemang, d v s staten och kapitalet är lika goda kålsupare. Miljöproblemen löses i vardagslivet (det civila samhället), i de små besluten som alla fattar varje dag som konsument, men också genom att människor går samman och bildar opinion (intresseorganisationer) för att få till stånd en politisk förändring också vad gäller de strukturella problemen.

Dessa exempel utifrån de två sociologiska tankefigurerna visar på ett sociologiskt angreppssätt för att förklara hur debatter, kontroverser och värdekonflikter uppstår och upprätthålls i samhället. Det blir då begripligt varför inte alla resonerar på samma sätt, accepterar samma fakta, producerar samma orsaksanalys eller anger samma lösningsförslag på problem som t ex miljöproblem. Människor fungerar selektivt och en styrfaktor för selectionen är de bestämda sociala positioner individer och grupper intar i vårt uppdelade samhälle.

5.7 Kunskapssociologi, värdekonflikter och risk

Émile Durkheim, en av sociologins akademiska grundare och dess förste professor, utvecklade kring sekelskiftet en kunskapsociologi som tydligt uttrycker de två sociologiska tankefigurerna. Enligt Durkheim är varje samhälle organiserat på ett bestämt sätt (=tankefigur 1). Detta leder i sin tur till att det i varje samhälle finns kollektiva föreställningar om den befintliga organiseringen. Varje samhälle tvingas följaktligen till självmedvetande om sin egen organisation (=tankefigur 2). Denna sociala erfarenhet om den samhällsliga organiseringen är för Durkheim den mest grundläggande erfarenheten för varje samhälle och för varje individ i ett bestämt samhälle. Den kommer därför att präglade all vidare klassifikation av verkligheten, av t ex naturen och av andra samhällen, d v s den inre primära erfarenheten kommer att präglade den yttre sekundära erfarenheten. Hos Durkheim återfinns alltså en projektionstanke som innebär att det främmande (det nya, det yttre) bedöms utifrån det kända (det gamla och det inre) där det senare är den sociala

erfarenhet som uttrycker det egna samhällets organisering. Som exemplen ovan om politiska ideologier och miljöproblem visar kan uppfattningar om samhällsproblem och miljöproblem betraktas som projektioner av erfarenheter som är gjorda inom bestämda samhällssektorer.

Durkheims tanke om en social projektion har på senare år utvecklats av ett antal sociologer och antropologer. Ofta har då syftet varit att förklara grundläggande och varaktiga värdekonflikter i samhället, och inte sällan i förhållande till riskuppfattningar och riskdefinitioner. Denna tradition, som är grundad på klassisk sociologi men först nu mognat till något som kan kallas för risksociologi, skall nu kort beskrivas.

Mary Douglas, brittisk antropolog, utvecklade på 1970-talet Durkheims teser till en kunskaps sociologisk typologi utifrån antagandet att föreställningar och kunskaper kan förklaras utifrån den sociala verkligheten. Typologin har senare utvecklats av Michael Thompson, Michiel Schwarz, Steve Rayner m fl. Modellen grundas på två oberoende sociala dimensioner vilka kallas grupp (-tillhörighet) och galler (intern reglering). Detta ger oss skillnaden mellan dels individuella och kollektiva samhällen (sociala kontexter), dels reglerade och oreglerade samhällen (kontexter). Kombinerar de två dimensionerna får vi en fyrfältstabell med fyra sociala kontexter som kan benämnas: individualistisk, byråkratisk, egalitär och fatalistisk. Vi känner här ganska enkelt igen de fyra tidigare beskrivna samhällssektorerna marknad, stat, folkrörelse och civilt samhälle.

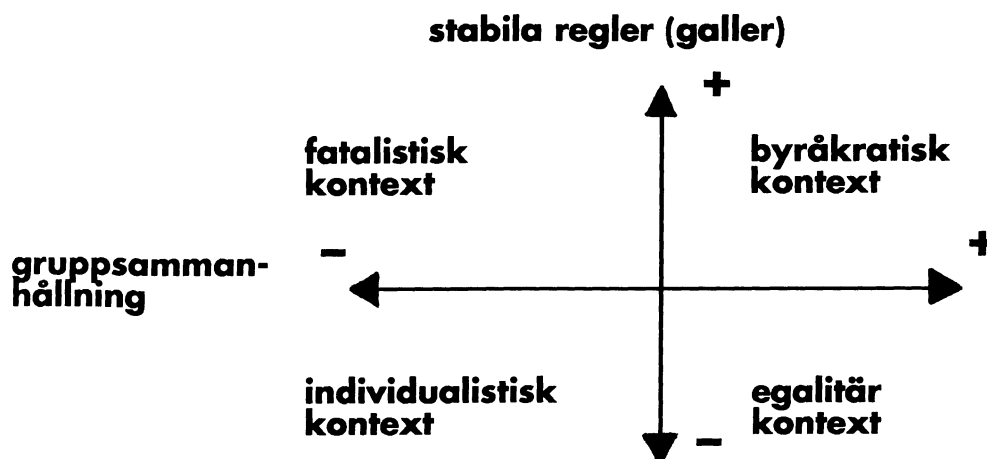
Inom den individualistiska kontexten återfinns vi entreprenörerna som själva i hög grad formar sitt sociala nätverk och sina egna regler utifrån sin individuella kompetens i en konkurrenssituation. För dessa individer är gränserna mot den yttre omgivningen svaga; det yttre ses som en möjlighet och inte som ett hot. Risker och förändringar hör till livets villkor. En pragmatisk inställning till både människor, kunskap och omgivning är entreprenörens ledstjärna.

Byråkraten lever ett reglerat socialt liv i en miljö som är hierarkiskt ordnad. Gränser och regler som alla är medvetna om och respekterar gör att tillvaron fungerar. Grupptillhörigheten är stark och därmed gränsen mot omgivningen; mot det yttre, det främmande.

Den egalitära kontexten uppstår som protest mot att något är fel eller något är hotat. Gränsen mot yttrevärlden är därför med nödvändighet stark, utan den och den starka inre grupptillhörigheten kan inte någon kollektiv protest uppstå. Den interna regleringen är däremot svag och kännetecknas av jämlikhet och direkt demokrati.

Den fatalistiska kontexten kännetecknas av fragmentering och isolering. Denna kontext kan inte existera självständigt utan måste förstås i relation till andra kontexter där makten finns och reglerna definieras. Inom den fatalistiska kontexten händer saker utan att man riktigt förstår varför, man gör som man blir tillsagd enligt de regler som instiftas någon annanstans. Man organiserar sig inte kollektivt, protester är därför inte möjliga. Den interna regleringen är stark men utifrånstyrd. Denna sociala position upp bärs av den del av allmänheten som inte är insatt i problemen och inte heller kan uttrycka sin vilja i politik och samhällsdebatt, förutom vart tredje år vid valurnan.

De egalitära och fatalistiska kontexterna är varandras motsatser, men kännetecknas båda av att inte vara i centrum. Här saknas makt och inflytande över samhällsutvecklingen; positionerna är perifera. Den egalitära innebär emellertid att protestera mot detta, medan den fatalistiska innebär att foga sig. De två övriga - den individualistiska och den byråkratiska (staten och marknaden) - utgör samhällets traditionella maktaxel.



Typologin, baserad på de två variabla dimensionerna, ger fyra sociala kontexter som skall ses som idealtyper. Modellens kunskapssociologiska tanke är att dessa fyra sociala kontexter genererar fyra olika typer av kosmologier, vilka enligt Douglas innefattar såväl kunskaper, trosföreställningar som värderingar. Denna modell är därmed ett svar på den andra sociologiska tankefiguren.

När modellen tillämpats av Douglas själv och hennes efterföljare har ofta studieobjektet varit risker och riskuppfattningar. Ett skäl till detta är att modellen fokuserar de samhälleliga gränslinjerna och att risker och hot ofta tydliggör dessa gränser. Då något hotas måste det försvaras, och vad som anses värt att försvara och hur detta sker blottar människors klassificeringar och gränsdragningar i såväl föreställningsvärlden som i den sociala/materiella verkligheten. Ett annat skäl är att risker, i betydelse risker för hälsa och miljö, av tradition är naturvetarnas studieobjekt. Att under dessa omständigheter kunna visa att riskbedömningar kan analyseras som projektioner av sociala förhållanden utgör en utmaning där det finns mycket prestige att vinna och nya forskningsområden att kolonisera. Ett tredje skäl är att riskuppfattning kan tolkas mycket generellt och bli liktydigt med uppfattning om det okända; det nya och det främmande i största allmänhet, förändringen som sådan. Douglas' vanligaste frågor för att illustrera riskuppfattningar är också av denna mycket generella karaktär. Hon frågar ofta efter grupperns inställningar till främlingar, det okända, det nya, det osäkra. Svaren på dessa frågor avslöjar en social tillhörighet. Är reaktionen likgiltighet, omfamning, bortstötning eller assimilering gentemot det främmande, risken? I denna mycket generella definition av risk utgörs risker av såväl människor, ting som idéer. Kopplar vi denna syn till det inledande avsnittet om risk kontra chans innebär detta att där byråkrater och i synnerhet de egalitära ser risker ser individualister

chanser, medan fatalister ser varken eller. Frågor kring invandring, införandet av ny teknik (kärnkraft, bioteknik, genteknik, kemikalier), EG-anslutning och miljöproblem är samhällsfrågor vilka alla kan analyseras som uppfattningar om det okända. Är det möjligheterna (chanserna) eller de negativa konsekvenserna (riskerna) som fokuseras? I dessa debatter görs olika ställningstaganden, vilka enligt risksociologin kan förstås som försvarandet av olika sociala kontexter.

De grupper som kan förväntas upprätthålla en likgiltig reaktion till risker är fatalisterna. De vet att de utsätts för risker och att de i framtiden kommer att utsättas för nya risker, men de saknar makt och resurser att själva bestämma sina risknivåer. Därför rycker de på axlarna och fogar sig.

Entreprenörerna ser möjligheter (chanser) i riskerna och omfamnar dem för att kunna utveckla dem för egen vinning. Om inte detta visar sig vara möjligt blir också de likgiltiga.

Byråkratiska och egalitära grupper är riskfokuserande. Enligt modellen beror detta på deras starka gräns mot yttervärlden. De utgör grupper som kännetecknas av att individerna äger en stark tillhörighet till organisationen, d v s gränsen mot omvärlden är tydlig. Detta innebär att det främmande (risken) fokuseras som just främmande. Man kan då välja mellan att stöta bort den eller att assimilera den. Den förra strategin tillämpas ofta av egalitära grupper, medan den senare används av byråkrater. Anledningen är att en byråkratisk organisation är mer differentierad, vilket ger bättre möjligheter för att assimilera främmande hot och risker. Den byråkratiska organisationen är mer flexibel än den egalitära men mindre flexibel än den individualistiska. En egalitär grupp ägnar stor möda åt att stöta bort främmande yttre hot, och just därför fokuseras hoten mycket starkt.

5.8 Kärnkraftens risker utifrån olika gruppers värderingar

Debatten om kärnkraftens risker och nytta har inte minst i Sverige varit både långvarig och intensiv. Utifrån ovanstående beskrivning av Douglas' modell kan denna debatt förklaras sociologiskt.

Kärnkraftsdebatten har på ett tydligt sätt visat att samhällsgrupper på olika sätt väljer att fokusera de risker vilka alla förknippas med användningen av kärnkraft, som t ex reaktorhaverier, radioaktivt avfall, lågdosstrålningen, terrordåd, kylvattnets marina effekter, kärnvapenspridningen och kärnkraften som representant för det storskaliga industrisamhället.

Enligt den sociologiska modellen utväljs och fokuseras de risker som bäst kan stärka gruppens egna sociala kontext respektive hota de övriga kontexterna. Riskuppfattningar kan därför analyseras som vapen i en strategisk kamp mellan olika sociala kontexter. Kampen gäller makt och samhällsinflytande och syftar ytterst till att bevara och stärka den egna organisationstypen i förhållande till alternativa organisationsformer. Denna maktkamp är inte alltid medveten utan en effekt av den andra sociologiska tankefiguren som säger att verklighetsuppfattningar är projektioner utifrån bestämda sociala kontexter.

Frågan om hur olika grupper definierar och uppfattar kärnkraftens risker kan därför omformuleras till frågan om hur kärnkraften som social verksamhet hör samman med olika sociala kontexter.

Ett argument som ibland förts fram i kärnkraftsdebatten är att kärnkraften till sin karaktär är odemokratisk. Förespråkarna för detta argument syftar på att kärnkraften är starkt beroende av expertkunskaper både vad gäller drift, kontroll och tillsyn. De viktiga besluten kring kärnkraften fattas också mycket riktigt på central nivå, av kärnkraftsföretagen och av regering, riksdag och centrala myndigheter. Detta har inte alltid gjort det lätt för närboende (de drabbade) att kunna få insyn i eller utöva inflytande över beslutsfattandet. Man har också syftat på kärnkraftens sårbarhet för olika typer av terrordåd, och därför varit rädd för att dessa risker kan leda till uppbyggandet av en omfattande säkerhets- och kontrollapparat med minskad offentlig insyn som följd.

Kärnkraften i sin nuvarande utformning i Sverige är också starkt beroende av expertkunskaper och centralt beslutsfattande. Detta gäller såväl drift som övervakning. Kärnkraften är också storskalig i jämförelse med många andra industriella verksamheter och sätt att producera energi. Med andra ord är kärnkraften till sin karaktär byråkratisk och motsäger därför både den individualistiska och den egalitära kontexten.

Från individualistiska utgångspunkter kan kärnkraften ifrågasättas utifrån sin brist på konkurrensmekanismer. Kärnkraften lyder inte enkla marknadsmekanismer, som innebär att mindre elenergi från kärnkraftverken produceras om glödlampor släcks. Den kan också ifrågasättas utifrån att säkerhetskriterierna och -rutinerna är generella och baserade på expertkunskaper vilka föreskrivs från central nivå. Detta innebär att såväl driftspersonalen som de närboende har minimalt utrymme för att göra personliga riskbedömningar. För enskilda entreprenörer finns det inte heller någon större möjlighet att utnyttja kärnkraften för egen vinning. Kärnkraftens risker står i stark kontrast till exempelvis bilåkandets risker. I det senare fallet kan man i mycket större utsträckning själv välja att öka eller minska de risker man anser värda att utsätta sig för i förhållande till de vinster man tycker sig uppnå. Den enskilda valfriheten och flexibiliteten är mycket liten vad gäller kärnkraften.

Utifrån egalitära premisser är det också kärnkraftens expertberoende, centralism och storskalighet som är stöttestenarna för ett accepterande av de risker som förknippas med denna energiform. Kärnkraftverken styrs inte av ett direktdemokratiskt beslutsfattande och det lokala inflytandet över verksamheten är mycket litet.

Utifrån både individualistiska och egalitära utgångspunkter finns det fog för att mistro beslutsfattandet kring kärnkraften och därmed de organisationer som handhar driften och kontrollen, d v s såväl kärnkraftsindustrin som myndigheterna.

Kärnkraftens storskalighet och centralism gör alltså att den kan ifrågasättas från två olika håll, vilket förklarar den hetta som debatten om kärnkraften haft och fortfarande har. Personer med preferenser i den byråkratiska kontexten har mycket lättare att acceptera kärnkraftens risker än de som omfattar individualistiska eller

egalitära värderingar, där individuell valfrihet respektive decentralism och lokalt självbestämmande är viktiga principer för att kunna acceptera risker.

Kärnkraftsindustrin och kärnsäkerhetsmyndigheterna är som alla storföretag och myndigheter byråkratiskt organiserade och har därför också sina främsta försvarare bland människor med preferenserna förlagda till den byråkratiska kontexten.

5.9 Riskkommunikation vid värderingskonflikter

Den sociologiska modellen har sin styrka i att den kan förklara varaktiga värderingskonflikter i samhället. Den kan förklara varför vissa sociala konflikter, t ex olika riskbedömningar kring kärnkraft, inte kan informeras bort; egalitära och individualistiska grupper är sällan mottagliga för byråkratiska argument och vice versa. För att få större samhällelig acceptans måste kärnkraften utvecklas i en riktning som möjliggör även för dem med individualistiska och egalitära värderingar att utifrån sina preferenser påverka utformningen av kärnkraften som samhällelig energikälla.

För myndigheter som aktivt vill kommunicera risker och riskvärderingar i en dialog med allmänheten är det viktigt att få kunskap om de grundläggande värderingar och eventuella värderingskonflikter som återfinns inom deras verksamhetsområden. Historiskt har myndigheter och folkupplysare betraktat värderingskonflikter som informationsproblem. Receptet för att komma till rätta med detta problem har varit information till en allmänhet som man ofta sett som antingen ignorant, okunnig eller felaktigt informerad. Utifrån ökade kunskaper om värderingar och samhälleliga värderingskonflikter kan sådana misstag i framtiden lättare undvikas.

5.10 Ett urval av risksociologisk litteratur:

- Bertilsson, Margareta (1989), "The Role of Science and Knowledge in a Risk Society. A Commentary to Ulrich Beck", *Studies of Higher Education and Research*, nr 4.
- Brante, Thomas (1984), *Vetenskapens sociala grunder. En studie av konflikter i forskarvärlden* (Stockholm: Rabén & Sjögren).
- Douglas, Mary (1986), *Risk Acceptability According to the Social Sciences* (London: Routledge & Kegan Paul).
- Nelkin, Dorothy (ed) (1985), *The Language of Risk: Conflicting Perspectives on Occupational Health* (Beverly Hills: SAGE Publications).
- Rayner, Steve (1986), "Management of Radiation Hazards in Hospitals: Plural Rationalities in a Single Institution", *Social Studies of Science*, vol 16.
- Rip, Arie (1986), "The Mutual Dependence of Risk Research and Political Context", *Science & Technology Studies*, vol 4.
- Schwarz, Michiel & Michael Thompson (1990), *Divided We Stand: Redefining Politics, Technology and Social Choice*.

Sundqvist, Göran (1991), *Vetenskapen och miljöproblemen. En expertsociologisk studie* (Göteborgs universitet: Monograph from the Department of Sociology no 46).

Thompson, Michael, Richard Ellis & Aaron Wildavsky (1990), *Cultural Theory* (Boulder Colorado: Westview Press).

Östberg, Gustaf (1991), "Konsten att hantera oenigheter", *Ekonomisk Debatt* nr 8.

6. Synpunkter på den rättsliga regleringen av joniserande strålning inom kärnenergiområdet

6.1 Gällande lagstiftning

De centrala miljöskyddsförfattningarna innehåller i huvudsak inga regler om joniserande strålning. Istället har området specialreglerats. Framst märks här lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet och strålskyddslagen (1988:220).

Syftet med kärntekniklagen är dels att tillvarata säkerheten vid kärnteknisk verksamhet, dels att förhindra att sådan verksamhet leder till kärnvapenspridning (3 §). Lagen omfattar således "kärnteknisk verksamhet" vilken definieras i 1 §. Hit hör alla led inom kärnkraftsprocessen, bl a uranbrytning, uppförande av kärnkraftsreaktorer, transporter, import, export och avfallshantering.

För kärnteknisk verksamhet krävs i princip tillstånd av regeringen eller, i vissa fall, av kärnkraftinspektionen. Sedan 1987 kan tillstånd inte ges till uppförande av ny reaktor. För den som fått tillstånd gäller utöver villkoren vissa allmänna skyldigheter som regleras i lagen och som avser främst säkerhetsfrågor.

En särskild fråga som har betydelse för avvecklingen av kärnreaktorerna är vilka regler som gäller för återkallelse av tillstånd och för ersättning om ett tillstånd återkallas. Enligt gällande rätt kan tillstånd återkallas i princip endast om innehavaren varit illojal eller om säkerheten hotas. Det finns således inte någon laglig grund att återkalla ett tillstånd enbart av det skälet att avvecklingspolitiken ska genomföras.

I Ds 1988:11 föreslås att återkallelse ska få ske om den utgör "ett led i genomförandet av riksdagens beslut om riktlinjer för en avveckling senast år 2010 av kärnkraften". Förslaget har inte lett fram till en lagrådsremiss.

Gränsdragningen gentemot strålskyddslagen är viktig. Skillnaden är att strålskyddslagen i princip reglerar frågor om strålskydd för personal och för omgivningen medan lagen om kärnteknisk verksamhet är en säkerhetslag mot olyckor i verksamheten (3 § st 2). Tillsynen är på motsvarande sätt fördelad mellan statens strålskyddsinstitut (SSI) och statens kärnkraftinspektion (SKI), inte bara för kärnkraftverk utan också för avfallshantering och övrig kärnteknisk verksamhet (prop 1983/84:60, s 54 f). I förarbetena har framhållits vikten av att allmänheten ges insyn i och information om den verksamhet på kärnenergiområdet som bedrivs i landet (prop 1983/84:60, s 55 ff). Denna uppgift skall skötas av SSI och SKI i samband med tillståndsprövningar och av lokala säkerhetsnämnder när det gäller verksamhet efter givna tillstånd.

Liksom i kärntekniklagen finns i strålskyddslagen regler om tillståndsplikt för många slags hanteringar. Och liksom kärntekniklagen saknar strålskyddslagen materiella kravregler som styr tillståndsprövningen, vad gäller val av plats, val av teknik m m.

Brott mot lagen om kärnteknisk verksamhet kan leda till böter eller fängelse i högst två år. Det kan bl a vara fråga om överträdelse av villkor i tillstånd. Dock får

en allmän åklagare inte besluta om åtal utan att tillsynsmyndigheten först anmält saken (se nedan).

Atomansvarighetslagen är en skadeståndsrättslig lag som bygger på en internationell konvention. Den är tillämplig på olyckor i kärnkraftverk och exempelvis lager med avfall (1 §). Lagen är även tillämplig vid transport av radioaktiva produkter (6 §).

Atomolyckor definieras som "sådan händelse eller serie händelser med samma ursprung som orsakar atomskada". Definitionen ger anledning till viss tveksamhet om lagen alltid gäller vid skador som har samband med den normala driften.

Ansvarig för skadorna är anläggningens innehavare (5 §). Skadestånd utgår oavsett vårdslöshet - rent strikt ansvar. Innehavaren måste också teckna en försäkring. Skulle inte heller denna räcka, är staten ansvarig för resterande belopp. En väsentlig inskränkning i lagen är dock att skadebeloppet per olycka fortfarande är begränsat till 800 miljoner kr (17 §). Denna regel föreslås ändras till 1.200 miljoner kr (prop 1991/92:31). Mer än så behöver aldrig utbetalas enligt lagen, en omständighet som givit upphov till vissa skadeståndsrättsliga problem.

6.2 Lagförslag

Utredningen om översyn av kärntekniklagstiftningen överlämnade i slutet av år 1991 sitt betänkande Översyn av lagstiftningen på kärnenergiområdet, SOU 1991:95.

Utredningen föreslår att det i kärntekniklagen införs en bestämmelse som innebär att tillstånd att uppföra en anläggning för slutförvaring av utländskt använt kärnbränsle och kärnavfall i Sverige inte får meddelas. Enligt utredningens bedömning står detta inte i strid med någon bestämmelse eller princip inom EG:s regelsystem. Regeln har utformats så att, om det föreligger särskilda skäl, mindre mängder utländskt material skall kunna slutförvaras i en anläggning för svenskt använt kärnbränsle eller kärnavfall om det kan ske utan att förutsättningarna för det svenska avfallsprogrammet rubbas.

Den som har tillstånd att driva en kärnteknisk anläggning svarar bl a för att de åtgärder vidtas som behövs för att upprätthålla säkerheten. I vissa fall har tillståndshavaren uppdragit åt ett särskilt driftbolag att ha hand om driften av kärnkraftsreaktorer. Det har medfört oklarheter om vilket ansvar som ligger hos detta driftbolag. Utredningen har gjort en kartläggning av organisationen hos de tillståndshavare och driftbolag varom är fråga och studerat hur tillstånden gavs. Det har därvid inte framkommit något som strider mot kärntekniklagen. Utredningen föreslår dock att det i kärntekniklagen förs in en bestämmelse som innebär att den åt vilken tillståndshavaren uppdragit att sköta driften har samma straffansvar som tillståndshavaren.

Vid vissa brott mot kärntekniklagen gäller att åtal får väckas av allmän åklagare endast om de anmäls till åtal av kärnkraftinspektionen eller i vissa fall av kärnbränslenämnden. Utredningen anser att det inte finns tillräckligt starka skäl för att behålla bestämmelserna om åtalsanmälan. Härvid beaktar utredningen det stora samhällsintresse som det ligger i att tillämpningen av kärntekniklagens sanktions-

system inte kan uppfattas som mer restriktiv än tillämpningen av sanktionssystem inom andra områden. Utredningen föreslår därför, att bestämmelserna om åtalsanmälan avskaffas.

Enligt direktiven skulle utredningen överväga om rätten till vissa investeringar i kärnkraftsreaktorer skall begränsas i de fall där det enda syftet med investeringen är att förlänga livslängden hos en kärnkraftsreaktor. Utredningen anser att ett förbud mot sådana investeringar skulle skapa osäkerhet om investeringar i kärnkraftsreaktorer överhuvud taget och kunna påverka säkerheten negativt. Det är av vikt att man inte inför regler för kärnkraftverk som på ett negativt sätt kan påverka den höga motivationen att prioritera säkerhetstänkandet. Utredningen anser därför inte att ett förbud mot vissa investeringar i kärnkraftsreaktorer bör införas i kärntekniklagen.

Utredningen redovisade ett flertal andra överväganden och förslag som har bedömts som mindre viktiga i förevarande sammanhang.

6.3 Rättslig analys

Av generellt intresse inom det energirättsliga området är förutsättningarna för att meddela ett tillstånd, d v s de materiella regler som styr tillåtlighetsprövningen. Dyliga tillåtlighetsregler är av stor betydelse för effektiviteten av lagstiftningen som sådan. Med effektivitet menas möjligheterna att genomföra de mål som ligger bakom lagstiftningen - d v s författningens syfte. Man kan säga att reglerna innebär en språklig precisering av miljöpolitiska mål. Givetvis får många faktorer betydelse för effektiviteten i författningen. Andra rättsregler inverkar, inte minst de som styr tillsyn, förhandskontroll och sanktioner. Vidare måste olika icke-juridiska faktorer medräknas. Hit hör information om lagstiftningen. Hit hör även ekonomiska faktorer. Tillsynsmyndigheternas aktivitet är ju i hög grad beroende av resurser. (se G. Michaneck, *Den svenska miljörättens uppbyggnad*. Justus förlag, 1985, s 75).

Det anförda innebär att regler av denna typ är centrala som handlingsdirektiv för olika verksamheters utövare, som kriterier för hur domstolar och andra myndigheter skall besluta i tillståndsprövningen liksom för myndigheter som handhar tillsynsverksamhet.

Själva formuleringen i tillåtlighetsreglerna kan innebära en mer eller mindre stark styrning. Reglerna kan grovt indelas i två grupper, dels de som bygger på gränsvärden eller absoluta förbud dels de som innehåller materiella bedömningskriterier. De senare är vanligast. I vissa regler beskrivs de materiella kraven relativt tydligt, t ex genom uppräknning av de typer av försiktighetsmått som skall vidtas eller genom att ge tillämparen direktiv om hur tankeoperationen skall ske. I andra fall är styrningen svagare. Ibland kan man inte ens tala om någon egentlig styrning. Så är fallet med strålskyddslagen 2 §, eftersom direktiv helt saknas i lagtexten. I 5 § finns direktiv där prövningsmyndigheten uppmanas att förena tillståndet med skyddsvillkor. Också i kärntekniklagen 8 § är regeln formulerad som en möjlighet för prövningsmyndigheten att ställa krav. Den slutsatsen kan dock dras att lagens styrning av beslutsfattare blir svagare när reglerna är formulerade som möjligheter.

Tillåtlighetsreglerna kan sägas bygga på vissa principer, såsom avvägningen mellan nytta och skada och mellan att allmänna intressen skall gynnas alternativt inte skadas av verksamheten. Ofta kräver regeln att flera alternativ skall värderas, varvid "det bästa" i viss mening skall väljas. Men det finns också tillåtlighetsregler som saknar uttryckliga direktiv om alternativbeaktande. Sådana finns inom området för joniserande strålning, nämligen i strålskyddslagen 2 § och kärntekniklagen 3 och 4 §§.

Författningar på ifrågavarande område syftar till att undvika olyckshändelser, t ex haverier i kärnkraftverk eller läckage av farliga produkter eller kollision i samband med transporter till lands eller sjöss. Det är naturligt att tillåtlighetsreglerna särskilt beaktar säkerheten. I kärntekniklagen är sålunda säkerhetskraven helt dominerande inte enbart vid laddning och drift av kärnkraftverk utan även vid avfallshantering m m (3 och 4 §§).

I en jämförelse mellan den rättsliga kontrollen av joniserande strålning och andra störningar i den yttre miljön har i doktrinen (se G. Michanek, *Energirätt*. Justus förlag 1990, s 345 f) framhållits som väsentligt, att det inte heller finns regler om lokalisering av olika anläggningar. Det finns inte heller regler som kräver ett beslutsunderlag där det framgår vilka alternativa platser, tekniker m m som är tillgängliga. Som exempel på motsatsen kan 4 § miljöskyddslagen anföras. Den reglerar däremot valet av plats och försiktighetsmått uttryckligt utifrån en minimeringsprincip. 13 §, som reglerar tillståndsansökan, anknyter till tillåtlighetsreglerna och innebär därför att alternativ ofta måste redovisas.

Kärntekniska anläggningar kräver normalt tillstånd enligt 4 kap naturresurslagen, varvid även hushållningsbestämmelserna i 2 och 3 kap naturresurslagen skall tillämpas. Dessa regler bör innebära att alternativa lokaliseringar ska beaktas. men det finns inte någon styrning motsvarande den i 4 § miljöskyddslagen.

Varken kärntekniklagen eller strålskyddslagen har regler som kräver öppen förhandling inför en prövning. Möjligheterna för utomstående att påverka beslut är därmed mer begränsade än vid prövningar enligt miljöskyddslagen.

Sådana kärntekniska anläggningar som prövas enligt 4 kap naturresurslagen ska även bedömas av koncessionsnämnden för miljöskydd som remissinstans. Även i dessa ärenden håller nämnden förhandling. Lagstiftande organ har därför antagit att insyn är garanterad. Antagandet är oriktigt om man i begreppet insyn även innefattar möjlighet att påverka nämndens beslut, såsom är möjligt för de frågor som faller inom miljöskyddslagens tillämpningsområde. Frågor om joniserande strålning får tas upp under förhandlingen (eftersom miljöskyddslagen är tillämplig på psykiska immissioner), men koncessionsnämnden kan inte, varken som remissinstans eller tillståndsprövande myndighet, i sitt beslut behandla frågor som rör joniserande strålning, t ex i samband med bedömning enligt 4 § miljöskyddslagen av alternativa platser för kärntekniska anläggningar.

6.4 Rättslig reglering av joniserande strålning i ett internationellt perspektiv

Den internationella strålskyddskommissionen. The International Commission on Radiological Protection (ICRP), som upprättades av den internationella radiologkongressen 1925, har alltsedan dess utgivit en rad anvisningar och utfört ett flertal utredningar om olika sidor av strålskydd. Kommissionen rekommenderar vissa fundamentala principer, som godtagits av ett stort antal länder, däribland de fem nordiska länderna. Dessa rekommendationer nämns t o m i vissa länders lagtext, t ex i den danska och isländska lagstiftningen på detta område.

Alltsedan ICRP publicerade sina basprinciper (ICRP Publication No. 26) har både kommissionen och andra internationella organisationer ytterligare utvecklat tillämpningen av dem. Så har skett i vad som kallas the Basic Safety Standards for Radiation Protection (utgivna av IAEA, WHO, ILO samt NEA). Denna publikation används som ett generellt rättesnöre för vilka principer som skall komma till användning vid skydd mot joniserande strålning, bl a i de nordiska länderna. Dessa länder har tillsammans publicerat tolkningsregler vid tillämpningen av internationella strålskyddsrekommendationer. Dessa tolkningar överensstämmer till stor del med innehållet i ICRP:s dokument. Tolkningsrapporten av de internationella rekommendationerna innehåller dels generella rekommendationer rörande legala aspekter, begränsningar av högsta tillåtna doser, aktivitetsbegränsningar, riktlinjer för medicinska undersökningar av personer som är anställda i arbete med joniserande strålning, dels en stor mängd tillämpningsrekommendationer.

När ICRP har ändrat gränsvärdena för högsta tillåtna doser, har nya tolkningar av dessa rekommendationer följt.

Sverige har år 1961 ratificerat konventionen (n 115) om skydd för arbetare mot joniserande strålning (Génève 22 juni 1960). De andra nordiska länderna med undantag av Island har också ratificerat denna konvention.

Det finns också en nordisk överenskommelse som rör hjälp i internationella nödsituationer vid strålskyddsolyckor, vilken trädde i kraft 19 juni 1964. Detta är den enda nu existerande långtgående multilaterala överenskommelse, som Sverige biträder.

Det existerar även ett flertal rent nordiska sammanslutningar på kärnenergi- och strålskyddsområdet, vilka bygger på det mycket nära nordiska samarbete, som kännetecknat de senaste decennierna. Detta samarbete har också lett till att lagstiftning och myndighetsadministration på detta område är mycket likartade i de nordiska länderna.

Av intresse i detta sammanhang är framför allt den nya finska lagstiftningen. Kärnkraftslagen (nr 990/87) som trädde i kraft 1988, innehåller generella principer, villkor och rekvisit som rör användningen av kärnkraft. Lagen innehåller säkerhetsbestämmelser och fastslår att regeringen måste godkänna säkerhetsarrangemangen i flera olika avseenden. Den nya strålskyddslagen trädde i kraft i januari 1992. Förutom joniserande strålning reglerar lagen också naturlig strålning och icke-joniserande strålning. Lagens syfte är att hindra och minska skadliga effekter på hälsan som en följd av strålning. Lagens grundläggande regler medför

ett rättsliggörande av handhavandet av joniserande strålning, tillskapandet av ett strålskydd som är optimalt samt så låga stråldoser som är "as low as reasonably achievable". De organ som får licens att använda radioaktiva ämnen är ansvariga för säkerheten, expertisen, kompetensen, utrustningen o s v.

Den norska strålskyddslagstiftningen är från 1938, medan den danska kom redan 1930. Lagarna har kompletterats med ett flertal förordningar. Islands strålskyddslagstiftning är från mitten av 80-talet. Länderna har givetvis också lagar som reglerar atomenergin.

En särskild fråga gäller den internationella utvecklingen och den betydelse ett svenskt medlemskap i de europeiska gemenskaperna (EG), däribland EURATOM, kan få för den svenska lagstiftningen. Inom EG finns ett utförligt program för kärnenergis utnyttjande. I vissa stycken är regelsystemet långtgående, t ex har EURATOM förfoganderätt över allt kärnämne och utövar kontroll av det. På strålskyddsområdet finns bindande regler. När det gäller kärnsäkerhet i allmänhet finns dock endast vissa - icke bindande - riktlinjer i vissa frågor. Vad gäller de enskilda EG-ländernas regelsystem grundas dessa emellertid i stor omfattning på samma internationella överenskommelser som ingåtts i Sverige. Den svenska kärntekniklagstiftningen torde inte innehålla några principiella hinder mot en anpassning till vad som gäller i övriga EG-länder.

Om man definierar rättsnormerna som rättsligt bindande rättigheter och skyldigheter eller tillstånd och förbud, är dessa i praktiskt taget alla europeiska stater begränsade genom tekniska normer (standards), som strikt juridiskt-tekniskt inte tillhör rättsnormerna, eftersom de inte härrör från de organ som enligt respektive lands grundlag har rätt att stifta bindande lagar. Till skillnad från de flesta andra rättsområden kännetecknas strålskyddsätten av att den inomstatliga strålskyddsätten i mycket hög grad är beroende av internationella enhetliga rekommendationer och folkrättsliga överenskommelser. De två kommissionerna tillhöriga International Society of Radiology, ICRP och ICRU, har inte rättslig befogenhet att tillskapa bindande regler men som ovan framgått utgör framför allt ICRP:s rekommendationer nr 26 från 1977 den vetenskapliga grunden för både den internationella och inomstatliga strålskyddsätten. IRPA (International Radiation Protection Association) är en annan privaträttsligt organiserad internationell sammanslutning som handhar ärenden som rör ickejoniserande strålning.

De internationella mellanstatliga organisationernas (International Governmental Organizations) regler såsom ILO:s överenskommelse nr 115 om skydd för arbetstagare vid exponering av joniserande strålning, vilken antagits av 39 stater, liksom IAEA:s, WHO:s, ILO:s samt NEA:s, the Basic Safety Standards for Radiation Protection har redan nämnts ovan.

Ett starkt inflytande på strålskyddslagstiftningen i de tolv medlemsländerna har självklart EG:s strålskyddsrettsliga regler. Visserligen innehåller Euratom-avtalet från 1957 knappast några materiellrättsliga strålskyddsföreskrifter. EG:s ministerråd är dock enligt sin artikel 30 förpliktat att skapa grundnormer för befolkningens i allmänhet och arbetstagarnas i synnerhet hälsoskydd. Hit hör exempelvis fastställande av dosgränser (se nedan). Medlemsstaterna är förpliktade genom Euratom-avtalet att överföra det materiella innehållet i grundnormerna till inomstatlig rätt samt utfärda förvaltningsföreskrifter för att säkerställa efterlevnaden.

EG:s ministerråd anpassar de EG-rättsliga reglerna till exv ICRP:s ändringar. Eftersom EG-reglerna på detta område är utformade som direktiv och därmed är förpliktande för staterna, kan dessa istället för att välja integrering av dessa regler i inomstatliga lagar, förordningar och föreskrifter omedelbart anta en EG-förordning (se Euratom nr 3954/87 från 22-12-1987, EG-parlamentet har dock klagat hos EG-domstolen).

De flesta stater har dock valt att skapa egna lagar (strålskyddslag, kärnenergilagar) kombinerade med regeringsföreskrifter.

Det närmare studiet av de inomstatliga reglerna visar vikten av att reglernas adressater framkommer så tydligt som möjligt. Användningen av radioaktiva ämnen och joniserande strålning inom medicin, teknik, forskning, lantbruk och andra områden gör att det inte endast handlar om folkrättsliga förpliktelser utan att det rör sig om allmänmänskliga regler för skydd för liv, hälsa och kroppslig säkerhet. Rättsreglerna medför att människor och institutioner sammanlänkas i en rättsgemenskap. Reglerna är ett sätt att skapa garantier för liv, hälsa, frihet och annat som upplevs som positivt och som kräver rättsligt skydd. Reglerna innehåller tillstånd och förbud. De viktigaste är principen om dosbegränsning (dosgränsvärden för hela befolkningen, för särskilda befolkningsdelar liksom för i yrket strålexponerade personer), rättvisprincipen och optimeringsprincipen. Den sistnämnda principen, som också betecknas som minimeringsgrundsatsen, är en långt gående juridisk generalklausul. Strålexponeringen skall under iakttagande av alla förhandenvarande omständigheter hållas så liten som möjligt eller strålexponeringen skall hållas så låg som det förnuftigtvis går att göra. Stråloptimeringstillståndet är identiskt med ICRP:s s k ALARA-princip: As low as reasonably achievable.

I alla, både internationella och nationella strålskyddsbestämmelser finns en stor mängd övervakningsföreskrifter, som kan se litet olika ut i olika länder men som alla tjänar samma syfte, nämligen att förverkliga de ovan nämnda strålskyddsgrundsatserna. Även de organ som handhar kontrollen kan skilja sig åt något, men eftersom den juridiska tekniken, framför allt så som den används vid en fristående domstolsprövning är mycket homogen, leder detta till att kontrollapparaten ändå kännetecknas av en hög grad av enhetlighet.

Inom flera EG-länder liksom i USA och Japan har frågan om tillståndsgivning för och avveckling av kärntekniska anläggningar diskuterats. Stort intresse har ägnats åt tillståndsgivningsproceduren för kärntekniska anläggningar å ena sidan och kolkraftsanläggningar å andra sidan. Allmänhetens inflytande och deltagande i proceduren har diskuterats, liksom de likheter och olikheter som finns i olika länders lagstiftning härvidlag. Den av de olika staterna antagna ramen underlättar jämförelser såväl mellan de olika staterna som mellan de olika frågeställningarna. Den väsentligaste skillnaden ligger i allmänhetens deltagande och i en mer framträdande stränghet när det gäller kärntekniska anläggningar.

6.5 Diskussion om etiska aspekter vid tillämpning av lagstiftning om joniserande strålning

6.5.1 Regler och värdeprinciper i strålskydds- och kärntekniklagstiftningen

Lagstiftningen på kärnenergiområdet, liksom på många andra områden, innehåller regler som för sin tillämpning fordrar ett grundläggande etiskt värdeschema. Man kan uttrycka det så, att tillämpningen av reglerna förutsätter att det i samhället finns allmänt accepterade värderingar, i det följande benämnda "värdeprinciper", om vad som gagnar både samhället som helhet och de enskilda individerna.

Några exempel kan vara belysande. Sålunda sägs det i 8 § strålskyddslagen att de åtgärder skall vidtas som behövs för att strålskyddet skall fungera "tillfredsställande". I 10 § strålskyddslagen ställs krav på att strålskyddsutrustning skall erbjuda en "betryggande säkerhet" mot skador på människor, djur och miljö. Enligt 15 § kärntekniklagen skall "synnerliga skäl från säkerhetssynpunkt" föreligga för att ett tillstånd skall kunna återkallas. De citerade formuleringarna visar att värdeprinciper måste beaktas när reglerna i lagstiftningen skall tillämpas.

Skillnaden mellan en "regel" och en "värdeprincip" kan uttryckas på följande sätt.

En regel kan följas eller inte följas. Regeln sätter en gräns mellan det förbjudna och det tillåtna. Antingen överensstämmer ett visst handlande med regeln eller överensstämmer det inte. Det finns alltså inga mellanlägen. I sin enklare form grundas regeln på något förhållande som entydigt kan fastställas. Körning mot rött ljus är exempel på en handling som klart innebär ett brott mot en regel.

En värdeprincip behöver inte vara absolut. Ett visst handlande kan vara mer eller mindre bra, d v s ha en större eller mindre överensstämmelse med värdeprincipen utan att denna kan anses ha satts ur spel. Graderingar kan alltså göras. För att få tillstånd att utföra en viss handling eller en viss verksamhet behövs kanske inte enbart att några entydigt fastställbara villkor är uppfyllda. Det kan också krävas en bedömning från den som ger tillståndet att sökanden uppfyller vissa villkor i "tillräcklig" utsträckning. Som grund för en sådan bedömning måste tillståndsgivaren falla tillbaka på värderingar.

Exemplen från strålskydds- och kärntekniklagarna visar hur lagstiftningen har utformats utifrån en blandning av såväl regler som värdeprinciper. Tillämpningen av lagstiftningen förutsätter att ett antal värdeprinciper vägs in vid bedömningen. Ju mer allmänt hållna formuleringarna av dessa värdeprinciper är, desto tydligare blir det att den som tillämpar lagen samtidigt måste göra klart för sig hur man tolkar dessa värdeprinciper. Detta kan uttryckas så, att det är vid tillämpningen som den etiska implikationen av lagstiftningen blir tydlig.

6.5.2 Några begrepp från hälso- och sjukvårdslagstiftningen

Strålskydds- och kärntekniklagarna har som yttersta syfte att så långt möjligt skydda mot olycks- och hälsorisker - både i ett kortsiktigt och i ett långsiktigt perspektiv. Det ligger därför nära till hands att diskutera hur centrala begrepp som sjukdom, infektionsrisk och lidande används i hälso- och sjukvårdslagstiftningen. Frågan blir sedan om några paralleller kan dras med sättet att hantera regleringen inom strålskydds- och kärnteknikområdet.

På de tre begreppen sjukdom, infektionsrisk och lidande kan anläggas tre olika synsätt, nämligen ett teknologiskt synsätt ('objektiv' sanning), ett klassificerande synsätt ('social' sanning) och ett personligt meningsskapande synsätt ('subjektiv' sanning).

Det teknologiska synsättet, den 'objektiva' sanningen, svarar närmast mot det utifrån observerade tillståndet. Sjukdomen eller lidandet hos patienten kan alltså observeras och fastställas av medicinskt utbildad personal och med hjälp av diagnostiska instrument.

Exempel på det klassificerande synsättet, den 'sociala' sanningen, är att beteckna en person som "sjuk" om denne uppfyller villkoren för att få sjukpenning. Detta är alltså en rättsligt-administrativ definition. Ett annat exempel kan hämtas med anknytning till begreppet infektionsrisk. Med tillämpning av satta gränsvärden förklaras ett område för smittat och ett annat för osmittat. Gränserna mellan områdena är skenbart skarpa, men i verkligheten kan gränserna vara diffusa.

Det personligt meningsskapande synsättet, den 'subjektiva' sanningen, har att göra med kulturbetingade uppfattningar och upplevelser av t ex sjukdom. Som subjektiv sanning kan sjukdom och lidande aldrig helt uttryckas med hjälp av medicinens exakta språk (den objektiva sanningen) eller med hjälp av den rättsligt-administrativa definitionen (den sociala sanningen). Den enskilde meddelar sin personliga upplevelse av t ex sjukdom och lidande genom att använda sin kulturs symboler för livets grundvillkor.

6.5.3 Diskussion

I vår kulturkrets med dess avancerade teknik både inom den industriella produktionen och inom den sociala omvårdnaden är lidande något som omedelbart kräver åtgärder. Vi har en låg toleransnivå gentemot lidandet. Det har den fördelen att vi inte accepterar sådant lidande som vi kan göra något åt. Nackdelen av en låg toleransförmåga gentemot lidandet är att vi helt enkelt inte står ut med sådant lidande, som inte kan avlägsnas, väsentligen lindras eller stå under vår kontroll. Risken är att det kan bli en sådan allmän attityd till lidandet och döden, att de helt enkelt inte tillåts existera på den offentliga scenen.

Poängen med att i detta sammanhang påpeka detta är att samhället därmed avhänder sig kulturladdade, subjektivt erfarna sanningar om hur människor ser på och hanterar inte bara medicinskt diagnostiserbara sjukdomar utan också upplevelser av med själva levandet förknippade risker. Det är självklart att detta också gäller rädsla eller oro inför tekniska system eller inför vad människor

uppfattar vara allvarliga hot mot liv, hälsa och välfärd samt mot livet på jorden. Risker uppfattas som ett hot som till varje pris måste avvärjas eller döljas eller sägas stå under vår absoluta kontroll.

Vilken relevans har då detta resonemang för sättet att hantera regleringen inom kärnenergiområdet? För att belysa denna fråga är det nödvändigt att sammanfattande lyfta fram några punkter ur det föregående.

För det första har det där visats, att både kärntekniklagen och strålskyddslagen saknar regler, som kräver en öppen förhandling inför en prövning. Det betyder att möjligheterna för utomstående att påverka beslut är mer begränsade än vid prövningar enligt miljöskyddslagen.

För det andra är, med vissa undantag, också granskningsförfarandet när det gäller kärntekniska anläggningar, som skall prövas enligt naturresurslagen, så konstruerat, att det saknas möjligheter att påverka koncessionsnämndens beslut, när det gäller frågor om joniserande strålning.

För det tredje visar en analys av de inomstatliga reglerna på strål- och kärnenergiområdet, att det rör sig om allmänmänniska regler till skydd för liv, hälsa och kroppslig säkerhet. Reglerna syftar till att skapa garantier för liv, hälsa etc.

För det fjärde befinner man sig därmed på ett plan, där verksamheten inte bara omgärdas med formella regler. Det blir oundvikligt att också göra bedömningar av värderingskaraktär med de konsekvenser för val av strategi detta innebär. Detta är skälet till att vi funnit det vara naturligt att framhålla likheter mellan lagstiftningen på kärnenergiområdet när det gäller situationer med långvarigt risktagande och ett område som hälso- och sjukvården.

a) Dolda värderingar

Utvecklingen på kärnenergiområdet har utmärkts av en stark teknikorientering. Området har visserligen i viktiga avseenden reglerats i lagstiftningen. Men utformningen av denna har i hög grad bestämts av att man uppfattat detta som i första hand ett teknikområde. Det är också signifikativt, att propositionen "Ny lagstiftning på kärnenergiområdet" (1983/84:60) behandlar frågan om offentlig insyn som en uppgift att ge bestämmelser om information om kärnsäkerhet och strålskydd. Det betänkande som utredningen om översyn av kärntekniklagstiftningen avlämnat (SOU 1991:95) ändrar ingenting i detta. Även om utredningen något vill öka insynen och informationen till allmänheten, är grundsynen densamma.

I korthet innebär denna, att man antar det vara möjligt att genom ramlagar reglera de risker för liv, hälsa och kroppslig säkerhet, som kan vara förenade med verksamheten. De konkreta övervägandena görs därefter på administrativ nivå, och resultaten av dessa når allmänheten i form av information om t ex vidtagna säkerhetsåtgärder eller godtagbara strålningsnivåer.

Utifrån det synsätt vi här har anlagt är dock problemet, att dessa överväganden även rymmer ställningstaganden i värderingsfrågor. För sådana ställningstaganden är information som huvudsaklig strategi högst otillräcklig. Bl a presenteras i en sådan strategi värderingsfrågor, som om dessa uteslutande var tekniska frågor. I och med att man begränsar sig till det synsätt, som vi ovan kallat det teknologiska,

döljer man det värderingsmässiga ställningstagandet. Det redovisas inte som sådant och de människor det berör får inte möjlighet att göra sin röst hörd.

Ett intressant exempel på en strategi av denna art ger dokumentet "Ethical Aspects of Promoting Public Acceptance for Nuclear Waste Management in Switzerland" (1991). I detta konstaterar man visserligen, att man "till stor överraskning" upptäckt, att det inte är tillräckligt att ge "tekniskt korrekta och ekonomiskt sunda lösningar på problemen". Allmänhetens acceptans av sådana lösningar är också beroende av andra faktorer, som man måste ta hänsyn till. Svaret på hur en sådan hänsyn skall kunna tas rör sig dock helt inom ramen för ett teknologiskt synsätt. Det blir en fråga om hur man mest effektivt kommunicerar med allmänheten och optimerar distributionen av information samt bäst hanterar relationerna till allmänheten. För detta ändamål presenterar dokumentet en "etisk kodex" för en strategi "i syfte att vinna allmänhetens acceptans för avfallshandlingen". Den etiska kodexen framstår närmast som ett led i en strategi för att kommunicera "korrekt information".

Innehållet svarar väl mot den andra motivkrets för stöd till samhällsforskning i relation till kärnavfall, som Göran Sundqvist och Olof Söderberg presenterade vid symposiet "Environmental Consequences of Hazardous Waste Disposal" med formuleringen "Kärnavfall är både en teknisk och en politisk fråga" (Ministry of the Environment, Sweden, Ds 1991:57, Vol II, s 88). "Kärnavfallsfrågan definieras som en teknisk fråga men är underställd politiska beslut." Teknikerna ensamma formulerar problemen och föreslår lösningarna. Politikerna har dock formell rätt att acceptera eller förkasta dessa lösningar. Det bidrag samhällsvetenskaperna utifrån denna definition har att ge är att visa på "behovet av ökad kommunikation mellan tekniker och politiker och mellan olika grupper i samhället samt också på behovet av att undervisa dåligt informerade grupper" (s 89).

Om det, såsom vi sökt visa, är riktigt att vi också har att göra med värderingsfrågor och valet av teknisk lösning alltså inte kan ske oberoende av värderingar, håller inte denna rollfördelning mellan tekniker och politiker. Det blir också nödvändigt att inom besluts- och regelsystemet finna en rättmätig plats åt eller vägar till ett samspel med vad vi har kallat "det personligt meningsskapande synsättet" eller den subjektiva sanningen. Det är i ett sådant samspel som värderingarna kan bli synliga och öppna diskuteras.

b) Riskforskningen och värderingars roll

Inte oväntat, eftersom vi på det område vi här behandlar rör oss med bedömningar av och ställningstaganden till risker, ger riskforskningens utveckling en intressant belysning av hur vi kan nalkas frågan om värderingarnas roll (se också kapitlet "Riskbegreppet i ett socialt sammanhang").

I stora drag och förenklat sammanfattat har riskforskningen genomlöpt tre stadier, som närmast kan ses som komplementära till varandra. "Den objektiva riskforskningen" arbetar med fastställbara eller kalkylerbara risker. Det förutsättes att man om dessa, i enlighet med en formulering i propositionen av 1983/84:60, kan lämna en information "som präglas av saklighet och opartiskhet". Låter sig

allmänheten inte övertygas av informationen, kan en förklaring vara brister i kommunikationen eller i sättet att utforma informationen.

”Den psykologiska riskforskningen” studerar människors uppfattningar om olika typer av risker i syfte bl a att kartlägga vilka faktorer som gör att människor accepterar vissa slags risker men har svårare att acceptera andra. Ökade kunskaper på området bör kunna ge bättre möjligheter att vinna social acceptans för risker i samhället.

Risksociologin slutligen representerar ett helt annat synsätt. Dess tes är att riskuppfattningar snarare går tillbaka på ”kulturellt konstruerade” föreställningar än på objektiva och kalkylerbara storheter. Risker kan inte uppfattas som objektiva egenskaper hos ett tekniskt (eller biologiskt) system utan är mera att se som egenskaper i ett kulturellt/socialt system, beroende av den värdeskala som gäller i detta. De är närmast släkt med det personligt meningsskapande synsättet i relation till sjukdom och lidande. En riskbedömning är därför rationell i det sociala sammanhang, där den hör hemma och utifrån de värden detta stöder. I detta avseende finns inte någon skillnad mellan experten och lekmannen. Utifrån de olika sammanhangen står båda för i och för sig rationella riskbedömningar. Båda befinner sig mellan svårdefinierbara subjektiva sanningar eller ”personligt meningsskapande synsätt” och tekniskt-vetenskapliga fakta.

I sin myndighetsroll kan naturligtvis samhället välja att bortse från det komplexa samband, som finns mellan riskbedömningar/riskhantering och den värdeskala, som finns inbäddad i det sociala sammanhanget. Samhället kan välja ett renodlat teknologiskt synsätt. Enligt detta finns inga invändningar mot att acceptera ett prövnings- och granskningsförfarande på kärnenergiområdet, som ger få möjligheter till påverkande insyn. De värderingar som ofrånkomligen, fastän dolt, ingår i det teknologiska synsättet, kommer då aldrig att kunna blottläggas och därmed bli föremål för en öppen diskussion och för medvetna val. Därmed kommer också avståndet att gradvis bli allt större till den subjektiva och värdeladdade erfarenhet människor har av risker i sin livsvärld.

c) Skäl för en annan strategi

Frågan är om inte flera viktiga skäl talar för att välja en annan strategi än den som är naturlig för det teknologiska synsättet. Här skall vi bara lyfta fram ett av dessa. I det tidigare nämnda symposiebidraget anför Göran Sundqvist/Olof Söderberg också en tredje motivkrets som stöd för samhällsforskning i relation till kärnavfall genom följande definition av kärnavfallsfrågan: ”Kärnavfall är en politisk fråga”, s 89. Till skillnad från den definition vi tidigare anfört ligger tyngdpunkten här på ordet politik. Det finns en omständighet som gör att politiska och därmed etiska bedömningar till sist måste fälla utslaget i valet av tekniska lösningar: ”Osäkerheter kommer alltid att utgöra en viktig del av den kunskap som står till vårt förfogande.” Det kan finnas tekniska lösningar på identifierade genuina osäkerheter. Men på ospecificerade osäkerheter finns endast lösningar i form av etiska och politiska val av alternativ.

Paradoxalt nog har osäkerheten ökat parallellt med ett allt starkare beroende av vetenskapen från samhällets sida. Å ena sidan ligger förklaringen i vetenskapens

syn på sin egen verksamhet. Det ligger i dess natur att vara relativ. Vetenskapen söker ständigt kritiskt pröva sina skattningar och upptäcker därmed ytterligare kontingens (ungefär förskjutningar i kunskapsunderlaget), som åtminstone till en tid framstår som osäkerhet i kunskapsunderlaget.

Å andra sidan förstärker det samhälle, som också kommit att kallas risksamhället, människors existentiella erfarenheter av osäkerheter i sin egen livsvärld, både personligt och samhälleligt, en osäkerhet som också alltmer omfattar den framtida biologiska livsbasen i form av svårtydbara ekologiska hot. Människor har förvisso alltid upplevt att livet är riskfyllt. Nytt är dock att de idag blir alltmer medvetna om att den tekniska utvecklingen producerar risker, vars verkningar är svåröverskådliga och som sträcker sig långt in i framtiden. Parallellt sviktar tilltron till att de nya farorna skall kunna betingas och fås under kontroll med hjälp av vetenskap och teknik.

Sett utifrån både den vetenskapliga kunskapens karaktär och människors subjektiva erfarenhet av risker och osäkerhet i sin livsvärld hänger därmed det politiska systemets trovärdighet på dess vilja att öppet erkänna och hantera osäkerheter. Med formuleringen i ett kanadensiskt dokument är "det förtroende som grundas på en medvetet dold osäkerhet på sikt bräckligt". Ett förtroende som vilar på en så bräcklig grund kan undergräva legitimiteten i en lagstiftning, vars syfte dock är att värna om människors hälsa och välfärd.

Inget land har, såvitt vi kunnat utläsa, funnit någon lösning på hur man institutionellt och i lagstiftningen hanterar en osäkerhet, som man visserligen i viss utsträckning kan - och är förpliktad att - söka gardera sig mot genom strikta säkerhetsregler, men som likväl kvarstår som ett konstitutivt drag i samhället och i människors liv. Till de överväganden som återkommer hör följande två.

d) Öppen beslutsprocess

Den första typen kretsar kring den roll experterna hittills spelat för den riskvärdering, som legat till grund för regelsystem. Den utmynnar ofta i det krav, som Denis Smith och Peter Elliott vid det internationella symposiet "Environmental Consequences of Hazardous Waste Disposal" formulerade på ett representativt sätt med följande: "...a more powerful and participatory state-regulatory system which would allow the public to become more fully involved in the process of risk assessment" (Vol II, s 52). Formuleringen är allmän men utsäger att beslutsprocessen och de överväganden denna vilar på måste vara öppen på alla nivåer. Riskvärderingen och de konsekvenser som skall dras av denna är en gemensam angelägenhet.

Den andra typen gäller vilka konsekvenser som man skall dra av osäkerheten i det vetenskapliga underlaget. Det handlar då bl a om de situationer som uppstår, när kunskap som legat till grund för ett regelverk, omprövas genom ny kunskap och därmed nya element av osäkerhet tillkommer. I sådana lägen ställs inte bara kravet på ärlighet i redovisningen. Frågan ställs också, om inte själva tyngdpunkten i beslutsprocessen måste bli en annan och förskjutas från att bygga främst på ett vetenskapligt underlag för att beräkna och begränsa en viss risk till att bli politisk.

En sådan förskjutning innebär att större vikt läggs vid etiska/moraliska aspekter än vid konkreta riskuppfattningar.

Lagstiftning och regelverk bör därför varken vara utopiska i sin målskrivning eller bundna till riskbedömningar, som kan visa sig föråldrade. Även om det i huvudsak måste röra sig om ramlagar och skyddslagstiftning, bör man öppet redovisa bakomliggande värderingar och i tillämpningen ta hänsyn till vad som här har kallats den subjektiva sanningen. Beslutsprocessen måste med andra ord vidgas demokratiskt. Det rör sig inte bara om att vinna "acceptans" grundad på en objektiv information. Riskbedömningen måste också dessutom ses in i det helhetsperspektiv, vilket för den enskilde medborgaren är avgörande. Politikerna, villiga att ompröva regelverken, bör öppna sig samtidigt mot den 'objektiva' och den 'subjektiva' dimensionen. De etiska överväganden som därvid är nödvändiga fritar självklart dock aldrig från förpliktelsen att låta ett optimalt vetenskapligt/tekniskt underlag ha ett avgörande ord med i laget. En offentlig och kontinuerlig etisk prövning av hela problemkomplexet blir därvid ett måste.

ALLMÄNNA FÖRLAGET

ISBN 91-38-12749-0
ISSN 0284-6373