

Kärnbränslecykeln

översättning till svenska av

The Nuclear Fuel Cycle



2001-02-01



Appendix to Vattenfall Generation's
Certified Environmental Product Declaration
of Electricity from
Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	ÖVERSIKT.....	1
2	URANUTVINNING.....	2
2.1	Dagbrott.....	2
2.2	Underjordsgruva.....	2
2.3	In-Situ-Lakning.....	3
3	KONVERTERING.....	3
3.1	Rening.....	3
3.2	Konvertering.....	4
4	ANRIKNING.....	4
4.1	Gasdiffusionsmetoden.....	4
4.2	Gascentrifugmetoden.....	5
5	BRÄNSLETILLVERKNING.....	6
6	ELPRODUKTION.....	7
7	AVFALLSHANTERING.....	8
7.1	Översikt.....	8
7.2	SFR.....	9
7.3	CLAB – Centralt mellanlager för använt bränsle	11
7.4	Inkapsling.....	12
7.5	Djupförvar.....	12
7.6	Övrigt avfall.....	13
8	TRANSPORTER.....	14
8.1	Från gruva till djupförvar.....	14
8.2	Transportswap.....	15
8.3	Medel- och lågaktivt avfall.....	16
8.4	Använt bränsle.....	16
8.5	Ägaransvar för uran.....	17
9	REFERENSER.....	17

Bilderna är mestadels Vattenfalls egna men
somliga har hämtats från öppna hemsidor

1 ÖVERSIKT

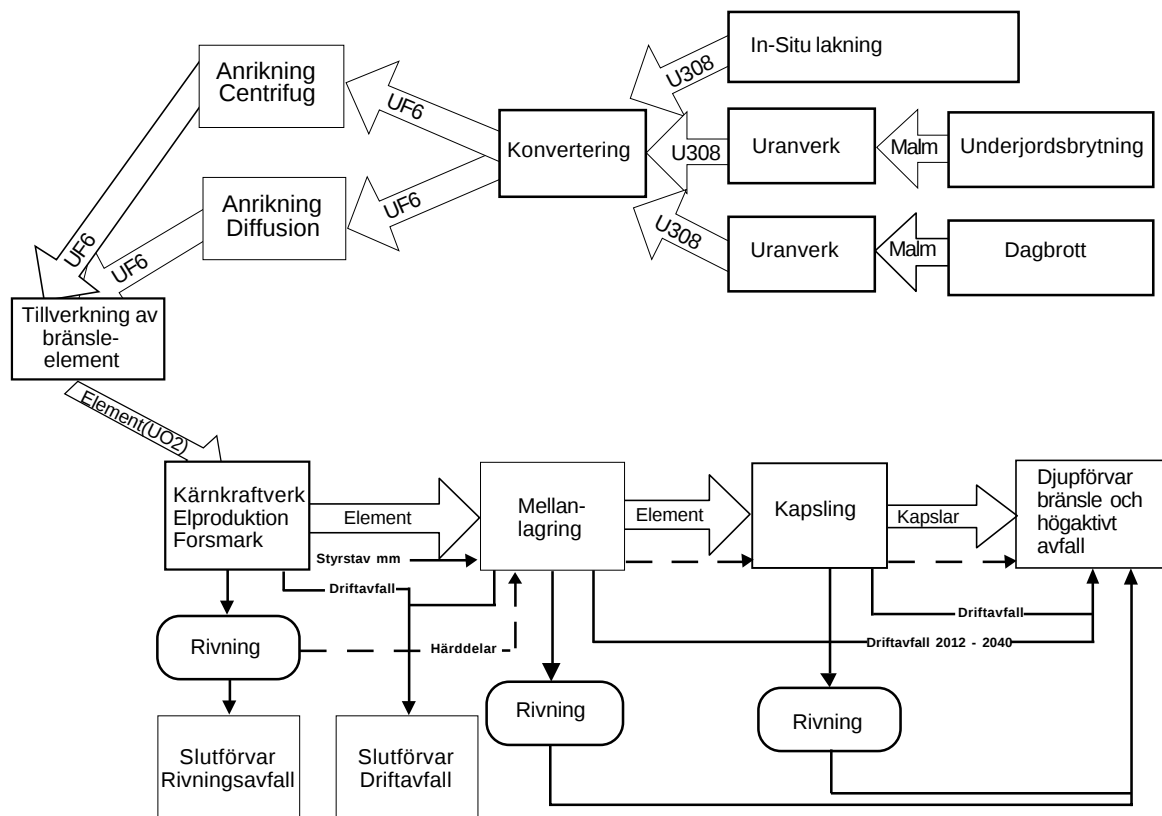
Detta dokument innehåller en beskrivning av kärnbränslelivscykeln för elproduktion i kärnkraftverket i Forsmark.

Uran

Olja, kol, naturgas och uran är energiresurser som genom en serie processer omvandlas till ett bränsle som kan användas för att generera el. Bränslet i ett kärnkraftverk består av uran som är ett relativt vanligt förekommande ämne i jordskorpan. Det är runt 500 gånger vanligare än guld och ungefär lika vanligt förekommande som tenn. Naturligt uran består av isotoperna uran-238 (ca 99,3 %) och uran-235 (ca 0,7 %) och spår av uran-234. Det är ur strålningssynpunkt ofarligt att vistas nära eller till och med hålla i naturligt uran. Uran är dock en toxisk tungmetall som är giftig ur kemisk synpunkt om det kommer in i kroppen.

Från uranutvinning till el och djupförvar

I flödeschemat nedan visas steg för steg uranets väg från brytning till slutlig avfallsförvaring.



2 URANUTVINNING

Uran kan utvinnas ur jordskorpan på olika sätt, i dagbrott, underjordsgruva eller med In-Situ-Lakning. Tekniken att bryta uran skiljer sig inte nämnvärt från brytning av t ex järn- eller kopparmalm. Valet av brytningsmetod beror i stort sett på relativ brytkostnad och på faktorer som storlek, form, djup och koncentration av malm i malmkroppen. För att få gruvdrift lönsam utvinns ofta flera olika ämnen i samma gruva/dagbrott. Miljö-, hälso- och säkerhetsaspekter vid gruvdrift är likartade oavsett vilken malm som bryts.

2.1 Dagbrott

Malmen transporteras till ett uranverk, som i allmänhet ligger nära gruvan. I uranverket krossas och mals malmen till sand och blandas med vatten till en slurry. Därefter lakas uranoxiden ut med svavelsyra och syralösningen inklusive uranoxiden separeras från sanden. Lösningen renas och behandlas med ammoniak, så att en pulverformig urandioxid erhålls sk ”yellow cake”, innehållande ca 70 % uran. Pulvret, U_3O_8 , packas sedan i ståltunnor som försluts innan transport. Urandioxiden är svagt radioaktivt och den dos en person får som står en meter från en sådan tunna är ca hälften av den dos man får på grund av kosmisk strålning under en flygresä på 10 000 m höjd.

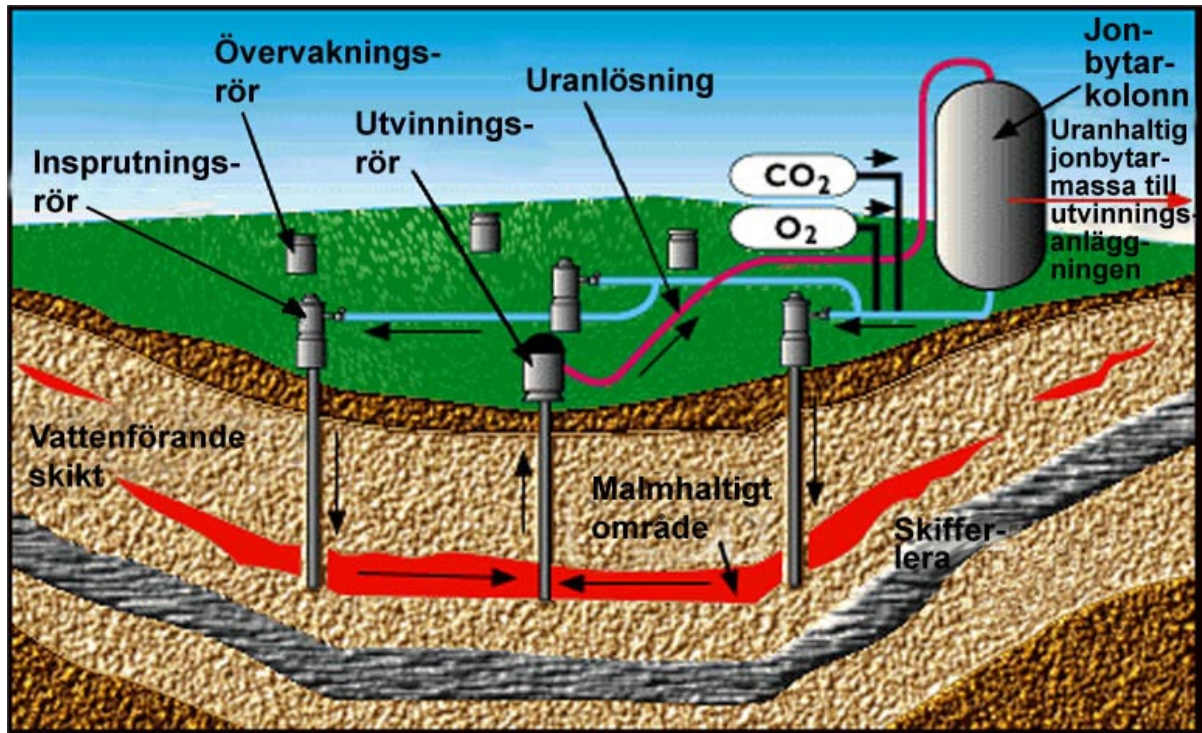
Den återstående slurryn pumpas från uranverket till en uppsamlingsdam. Processen i gruvan och uranverket ger upphov till avfallsprodukter i form av kemikalier, sand och avloppsvatten. Avloppsvattnet renas och neutraliseras genom tillsatser av kalk och bariumklorid, och fällningen tas om hand innan vattnet släpps ut. De fasta restprodukterna deponeras i tömda dagbrott. När ett dagbrott tagits ur produktion, fylls det med fyllmassor och jord och återplantering sker, för att i möjligaste mån återskapa den ursprungliga vegetationen (baslinjen). Fyllningen har också till syfte att minska radongasutsläppen till nivåer kring, eller under den naturliga nivån.

2.2 Underjordsgruva

Det finns flera olika brytmetoder under jord och det beror på malmkroppens karaktäristik. I de gruvor där uranhalt är mycket hög sker brytningen helt automatiserat då strålningsnivåerna är p.g.a. radon nere i gruvan för höga för personal att vistas i. I Olympic Dam i Australien, primärt en koppargruva, används skivrasbrytning vilket innebär att områden av mineralhaltig malm sprängs systematiskt. Malmen krossas under jord och hissas till lager på ytan genom schakt. Malmbearbetning sker på samma sätt som vid dagbrott se kap 2.1 ovan.

2.3 In-Situ-Lakning

In-Situ är latin och betyder "på platsen". In-Situ-Lakning (ISL), förekommer såväl i Nordamerika som i Australien och forna Sovjetunionen. Metoden innebär att utspädd svavelsyra, en alkalisk lösning eller vatten cirkuleras genom porös malm under jord varvid uran löses ut och kan utvinnas ur lösningen när den pumpats upp till ytan. Uranets dotterprodukter, t ex radium stannar kvar på plats nere i marken, och därmed undviks radonutsläpp till biosfären.



Principskiss över In-Situ-Lakning.

3 KONVERTERING

3.1 Rening

Urankoncentratet, eller "yellow cake", måste vidareförädlas innan det kan användas som bränsle i kärnkraftverk. Först måste koncentratet renas på neutronabsorberande ämnen som annars skulle förhindra kedjereaktionen i reaktor och stoppa fissionsprocessen. In till "raffinaderiet" kommer urankoncentrat och ut kommer rent UO_3 .

Reningsprocessen innehåller följande steg:

- Salpetersyra tillsätts för att få en uranyl-nitratlösning.
- Fasta produkter tas bort från uranyl-nitratlösningen i en trestegsprocess.
- Vatten ångas av för att erhålla en koncentrerad uranyl-nitrat-hexahydrat lösning.
- Det koncentrerade uranyl-nitrat-hexahydratet omvandlas till urantrioxid (UO_3) efter uppvärmning.

Merparten av salpetersyran som tillsätts i det första steget avskiljs i det sista steget och återanvänds i processen.

3.2 Konvertering

Konvertering genomförs i två steg. Först tillsätts fluorvätesyra till urantrioxiden (UO_3). För att få urantetrafluorid (UF_4). Därefter reagerar UF_4 med flouregas för att bilda gasen uranhexafluorid (UF_6).

UF_6 har den egenskapen att den ändrar aggregationstillstånd inom ett smalt intervall. Gasen får passera genom ett antal filter och slutligen genom kylfickor för att samlas upp som kristallin UF_6 . UF_6 omvandlas till en vätska genom uppvärmning och vätskan övergår i fast form vid tryckökning och transporteras i flytande form i specialdesignade stålcyllindrar.

4 ANRIKNING

Uranhexafluorid är vid rumstemperatur ett fast ämne, påminnande om paraffin. Vid 65°C och uppåt är UF_6 i gasform och kan anrikas, genom gasdiffusionsmetoden eller gascentrifugmetoden, i båda metoderna anrikas UF_6 från 0,7 % uran-235 till den önskade nivån (resten av uranet är uran-238). Uranet bibehålls hela tiden i form av UF_6 , och kyls till fast form innan det transporteras till bränslefabriker.

4.1 Gasdiffusionsmetoden

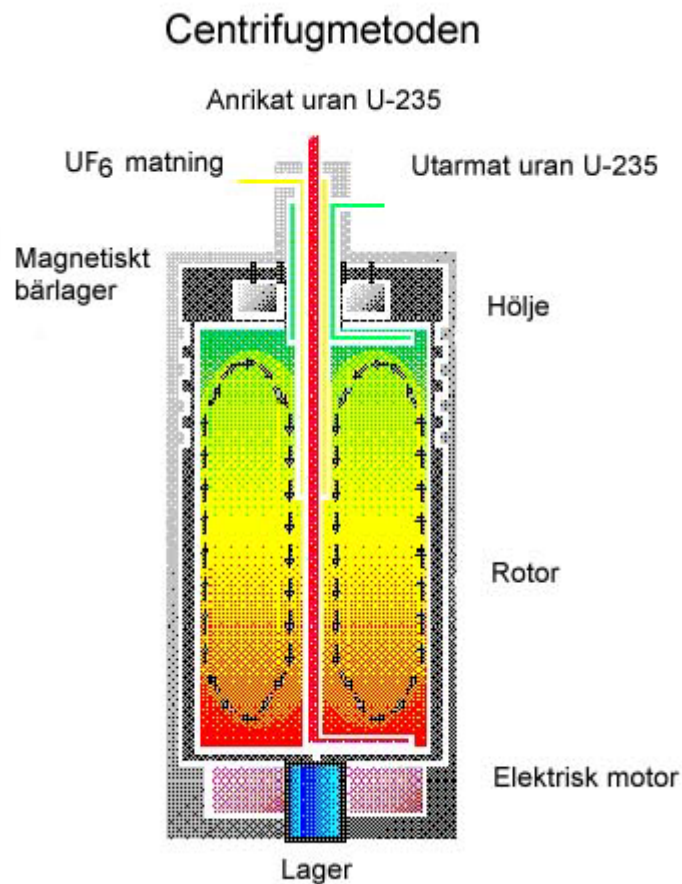
Gasformig UF_6 passerar genom fina, porösa filter. Eftersom uran-235 är något lättare än uran-238 kommer gasen på utsidan av filtret bli något anrikat. Detta måste upprepas 1400 gånger för att få den önskade halten 3-5 % uran-235. Metoden är mycket energikrävande, cirka 3-4 % av elproduktionen i ett kärnkraftverk krävs. Produkten är UF_6 anrikad till 3-5 % av uran-235 halten varierar omvänt mot världspriset på uran.



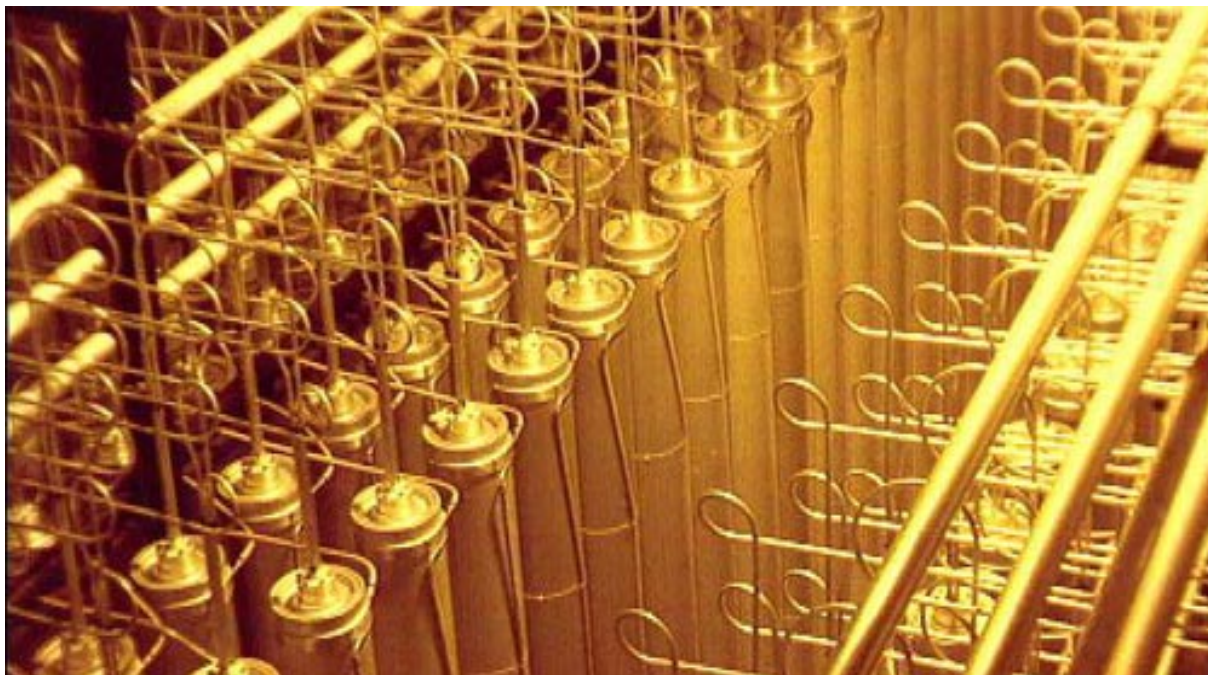
Rör innehållande filter, genom vilka UF_6 passerar.

4.2 Gascentrifugmetoden

Isotopen U-238 är tyngre än isotopen U-235, och centrifugalkrafterna kommer att separera de två isotoperna genom att slunga den tyngre U-238 mot centrifugens ytterväggar. En centrifug består av en vacuumtub med en cylindrisk rotor, 1-2 m lång och 15-20 cm i diameter, som snurrar med 50 000-70 000 rpm i en omgivning av extremt låg friktion. Uranhexafluoriden matas in i rotorn där gasen sätts i rörelse. Centrifugalkraften trycker den tyngre isotopen U-238 närmare väggen där gasen utarmas på U-235, medan gasen närmast axeln anrikas på U-235. Processen snabbas på ytterligare genom att gasflödet inuti centrifugen skapar en temperaturgradient, som får den på U-235 utarmade gasen att flöda uppåt längs centrifugväggen och den på U-235 anrikade gasen att röra på sig nedåt längs axeln. De två gasflödena tas ut genom ledningar i centrifugändarna



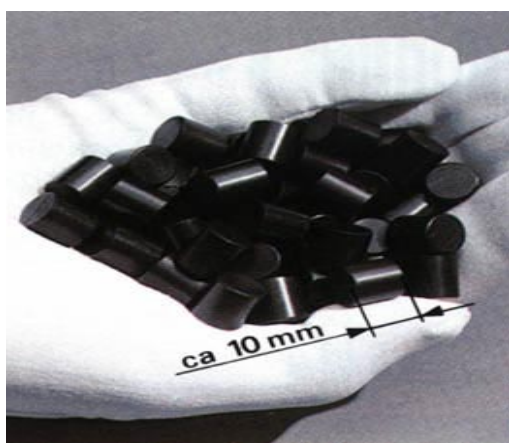
För att erhålla önskad U-235 halt (3-5 %) måste flera centrifuger användas (s.k. kaskader), eftersom anrikningen i en enda centrifug är minimal. Den utarmade andelen innehåller 0,2-0,4 % U-235 beroende på rådande uranpriser



På bilden ovan ses kaskadkopplade centrifuger som kan vara i drift i 10 år utan underhåll. Metoden är energieffektiv ca 0,1 % av det uran som kan produceras förbrukas i processen.

5 BRÄNSLETILLVERKNING

Uranet kommer till bränslefabriken som anrikat UF_6 i fast form, och återupphettas till gasfas. Genom tillsatser av ammoniak, syrgas och vätgas bildas urandioxid i pulverform UO_2 . Pulvret pressas till cylindriska kutsar som väger 6-7 g.

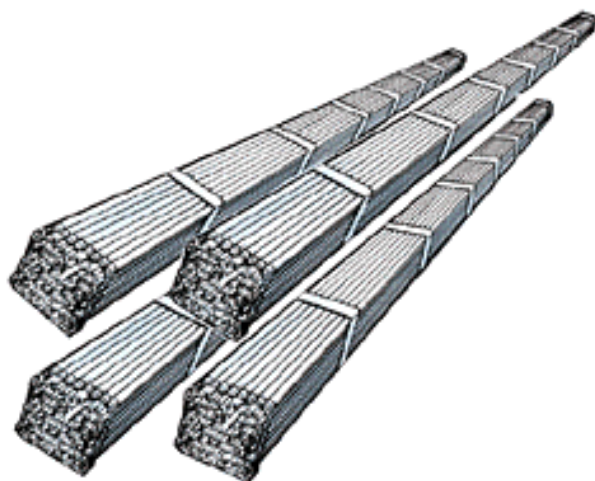


Kutsar



Bränslestavar

Kutsarna sintras till hög kemisk stabilitet och slipas till rätt form. Därefter placeras 300-370 kutsar i ca 3,7 m långa rör av en zirkoniumlagering (zirkaloy). Rören trycksätts med helium och försluts i ändarna för att forma bränslestavar. Dessa sätts samman till bränsleknippen. Antalet bränslestavar per knippe beror på reaktortyp. I en kokarvattenreaktor finns det mellan 400 och 700 bränsleknippen som innehåller sammanlagt upp till 70 000 stavar. I en tryckvattenreaktor finns det ca 160 bränsleknippen med sammanlagt upp till 42 000 stavar.



Bränsleknippen.

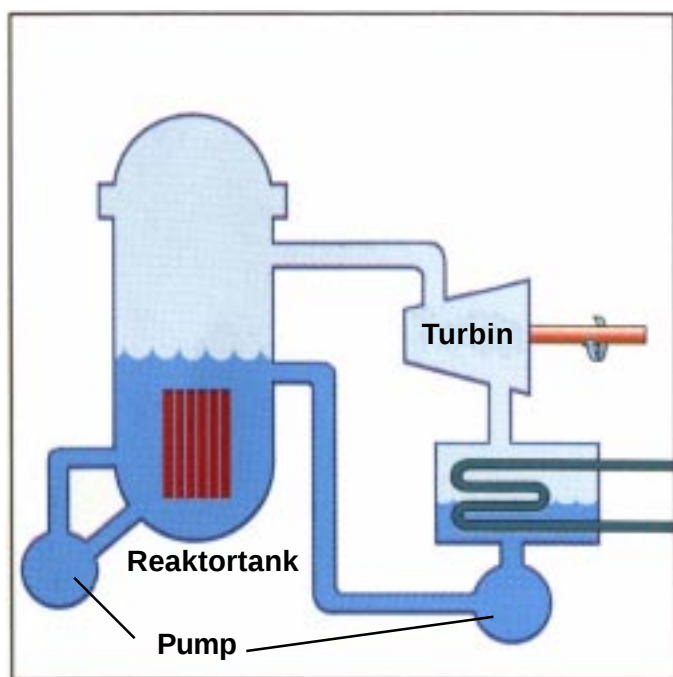
Zirkaloy är en legering av zirkonium (ca 98 %), tenn (ca 1,5 %) och små halter av järn, nickel och krom. Den absorberar inte neutroner, har hög korrosionsbeständighet, tål höga temperaturer och lämpar sig därför särskilt väl för användning i kärnreaktorer.

I bränslefabriken tillverkas också styrstavar. Dessa görs huvudsakligen av rostfritt stål. I BWR styrstavar fylls små utrymmen i styrstaven med borkarbid och hafniumoxid. I PWR styrstavar kapslas en legering av indium, kadmium och silver in i det rostfria stålet.

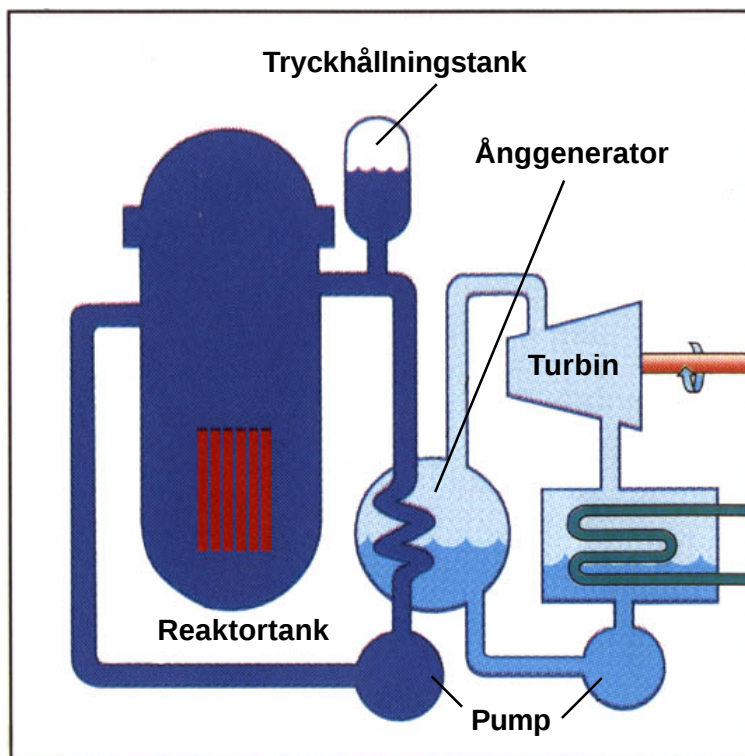
6 ELPRODUKTION

I en kärnreaktor klyvs urankärnor (fission) med hjälp av neutroner. Vid fissionen frigörs energi i form av rörelse-energi hos klyvningsprodukterna samt som strålning. Energin omvandlas till värme, som hettar upp vattnet i reaktorn. Ångan driver en turbin som i sin tur driver en generator som omvandlar rörelse-energin till el. Efter turbinen kondenseras ångan i en kondensor genom värmeväxling med kylvatten (havsvatten), och efter rening recirkuleras vattnet till reaktorn igen.

Vattenfalls kärnkraftreaktorer är lättvattenreaktorer (LWR), och vanligt avsaltat vatten, används som kylmedium. Det finns två huvudtyper av LWR's - kokvattenreaktorer (BWR, Boiling Water Reactor) och tryckvattenreaktorer (PWR, Pressurized Water Reactor) - se bild nedan och på nästa sida.



Principskiss på BWR



Principskiss på PWR

Själva kärnreaktionen är densamma i båda reaktortyperna. Neutroner kolliderar med urankärnor, som sönderdelas och får ökad rörelseenergi. Vid klyvningen frigörs nya neutroner som i sin tur kolliderar med andra urankärnor, och processen fortskrider. Processen regleras i båda reaktortyperna med hjälp av styrtavar. I PWR används dessutom tillsatser (bor) i reaktorkylvattnet som absorberar neutroner.

I en BWR värms reaktorvattnet så att det förångas i själva reaktorn. I en PWR hålls reaktorvattnet under högre tryck i själva reaktorn, så att ånga inte bildas. I stället leds det överhettade vattnet till en ånggenerator, där värmen växlas över till en andra vattenkrets. Detta vatten förångas och driver en ångturbin på samma sätt som i BWR.

Skillnaden mellan BWR och PWR är huvudsakligen att en PWR har två vattenkretsar - en för reaktorvatten och en för matarvatten till ångcykeln. Vattnet i PWR-reaktorn förångas inte och passerar aldrig ångturbinen. Eftersom reaktorvattnet i en PWR aldrig förångas kan reaktortanken vara mindre än i BWR. Däremot ska ånggeneratorer och annan utrustning rymmas i reaktorinneslutningen, som blir större än en BWR:s.

7 AVFALLSHANTERING

7.1 Översikt

Vid drift av kärnkraftverk uppkommer fast avfall. En del av detta är mer eller mindre radioaktivt. Avfallet delas upp i driftavfall, rivningsavfall och använt kärnbränsle. Det radioaktiva avfallet delas i sin tur upp i låg-, medel-, och högaktivt avfall. En indelning görs också i kort- och långlivat avfall, med hänsyn till hur lång tid de radioaktiva ämnena finns kvar i avfallet. Det utbrända bränslet med bränslestavar och styrtavar är högaktivt avfall. Det radioaktiva driftavfallet är låg- och medelaktivt. Det består av skyddskläder, verktyg och utbytta delar som använts inom aktiva områden i kärnkraftverken samt filter och jonbytarmassor.

Det lågaktiva avfallet behandlas antingen på kärnkraftverket och förvaras sedan i ett eget markförvar vid kraftverket, eller också hanteras det tillsammans med det medelaktiva avfallet. En del lågaktivt avfall kan efter källsortering och rengöring, ha så låg aktivitet att det kan hanteras som vanligt icke-aktivt avfall. Det innebär att avfallet kan friklassas och återanvändas eller deponeras på en vanlig deponi.

Medelaktivt avfall och en del lågaktivt avfall transporteras till **SFR** (Slutförvar för radioaktivt driftavfall), som är beläget under havsbotten vid Forsmark. Där ska avfallet slutförvaras och hållas inneslutet tills radioaktiviteten har avklingat till en ofarlig nivå. Man beräknar att avfallet om ca 500 år inte avger mer strålning än den naturliga bakgrundsstrålningen i det omgivande berget.

Använt kärnbränsle är **högaktivt avfall** och förvaras ett år på kärnkraftverket, och därefter 30 år i **CLAB** (Centralt mellanlager för använt bränsle), för att sedan kapslas och slutligen placeras i ett **djupförvar**.

Övrigt avfall, d.v.s. *icke radioaktivt avfall*, genereras också.

7.2 SFR

Slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, ligger nära kärnkraftverket i Forsmark. SFR är en central anläggning för slutförvaring av kortlivat låg- och medelaktivt avfall med svenskt ursprung. SFR ligger i urberg på mer än 50 meters djup under havsbotten och täcks av 5 meter vatten. Två kategorier avfall hanteras i SFR, driftavfall från kärnkraftverken, och liknande avfall från industri, sjukvård och forskningsinstitut



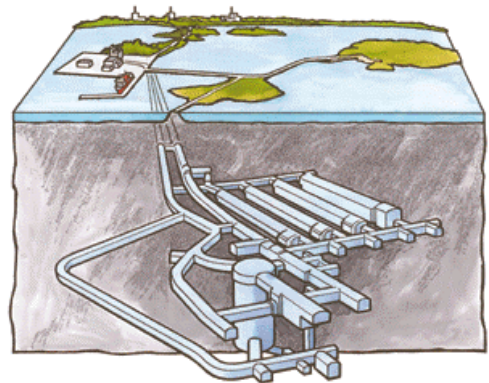
Bilden visar SFR mottagningsstation med Forsmarks tre kärnkraftsblock i bakgrunden.

Vid driften av kärnkraftverken uppkommer olika typer av radioaktivt avfall; dels använt kärnbränsle som är högaktivt och långlivat, dels driftavfall som är låg- eller medelaktivt och kortlivat. Endast låg- och medelaktivt avfall förvaras i SFR. Det medelaktiva avfallet utgörs huvudsakligen av jonbytarmassa. Radioaktivt material fastnar på rörväggar, ventiler, pumpar etc. och detta tas om hand när komponenterna byts. Det mesta av detta material utgörs av lågaktivt avfall. Till denna grupp räknas även allt material t.ex. verktyg, skoskydd etc, som används i utrymmen där radioaktiva ämnen kan förekomma.

Under drift av kärnkraftverket utsätts delar i och runt reaktortanken för bestrålning. Genom reaktorvattnet sprids också radioaktiva ämnen till andra delar av kraftverket. När kärnkraftverket ska rivas måste därför dessa delar tas om hand som radioaktivt avfall. Rivningsavfallet är i huvudsak låg- och medelaktivt och därmed kortlivat. Detta avfall planeras bli deponerat i en tillbyggnad av SFR efter särskilt tillstånd från Svenska regeringen.

När avfallet kommer till SFR är det inneslutet i skyddande behållare. Det medelaktiva avfallet är dessutom ingjutet i betong eller asfalt. Annat lågaktivt avfall är förbränt och kommer till anläggningen i plåtfat. På så sätt förekommer inga fria radioaktiva ämnen i SFR.

Anläggningen är förbunden med markytan genom två parallella kilometerlånga tillfartstunnlar. Förvarsutrymmena utgörs idag dels av fyra 160 meter långa bergssalar, dels av ett 70 meter högt bergrum där en betongsilo byggts.



I en av de fyra bergssalarna förvaras lågaktivt avfall inneslutet i öppnade transportcontainrar. Avfallet i denna del av anläggningen kan hanteras utan någon särskild strålskärmning med vanlig gaffeltruck.



Bergssalar i SFR.



Tre av bergssalarna tar emot medelaktivt avfall som kräver strålskärmning. I två av dessa förvaras avvattnade jonbytarmassor i betongtankar. I ett cylindriskt bergrum finns en 50 m hög betongsilo (med en innerdiameter på 26 meter). Siloförvaret är avsett för medelaktivt avfall och används främst för filter.

7.3 CLAB – Centralt mellanlager för använt bränsle

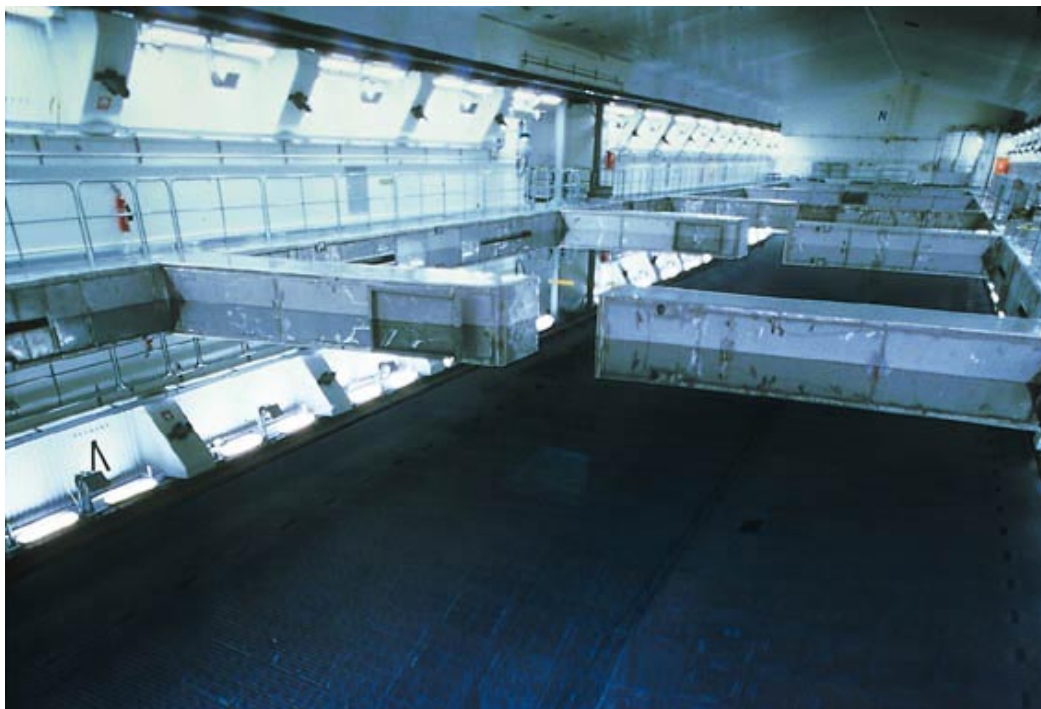
CLAB ligger på Simpevarpshalvön i nära anslutning till Oskarshamns kärnkraftverk (OKG). CLAB består av en mottagningsdel i marknivå, där behållarna tas emot och bränslet lastas ur under vatten. Själva lagringsutrymmet ligger i ett bergtrum med taket 25-30 meter under markytan. Bergtrummet som är 120 meter långt innehåller fyra lagringsbassänger och en reservbassäng.



CLAB med kärnkraftsverken Oskarshamn 1 och 2 i bakgrunden.

Innan det använda bränslet flyttas till CLAB har det lagrats i minst nio månader i kärnkraftsverkens egna bränslebassänger. Under denna tid avklingar större delen av de radioaktiva ämnen som bildats i bränslet. Radioaktiviteten i bränslet är dock alltså mycket hög, vilket medför att bränslet måste strålskärmas och kylas. Använt bränsle transporteras till CLAB inneslutet i tunga transportbehållare som ger strålskydd och skyddar mot skador. Behållarna är robusta och konstruerade för att klara stora yttre påfrestningar, som fall från 9 meters höjd, eller yttre tryck som motsvarar 4 000 meters vattendjup. I CLAB lagras det använda kärnbränslet i djupa vattenfyllda bassänger.

Vattnet ger strålskärmning och kylning. Efter 30 års lagring i CLAB har radioaktiviteten minskat med ytterligare ungefär 90 %, men bränslet måste fortfarande strålskärmas. Då ska det använda kärnbränslet kapslas in för placering i djupförvaret.



Bassänger i CLAB

7.4 Inkapsling

Inkapslingen är tänkt att göras i en särskild anläggning i anslutning till CLAB. I inkapslingsanläggningen tas bränsle emot ifrån CLAB:s förvaringsbassänger. Det placeras direkt i en kopparkapsel samtidigt som det kontrolleras och torkas. Därefter försluts kapseln eventuellt efter att den fyllts med ädelgas. Efter kontroll att kapslarna är täta och rena förs de till ett buffertlager innan de transporteras till djupförvaret. Inkapslingen kommer att utföras fjärrmanövrerat i väl strålskärmade utrymmen. Transporten kommer att ske i samma typ av behållare som idag används för transporterna av använt bränsle från kärnkraftverken till CLAB. I ett senare skede ska även övrigt långlivat avfall behandlas i inkapslingsanläggningen. Exempel på sådant avfall är hårdkomponenter, t ex styrstavar, och andra interna delar från reaktortanken, som blivit aktiverade genom neutronstrålning under reaktorns drift. Dessa komponenter planeras bli ingjutna i betong.

7.5 Djupförvar

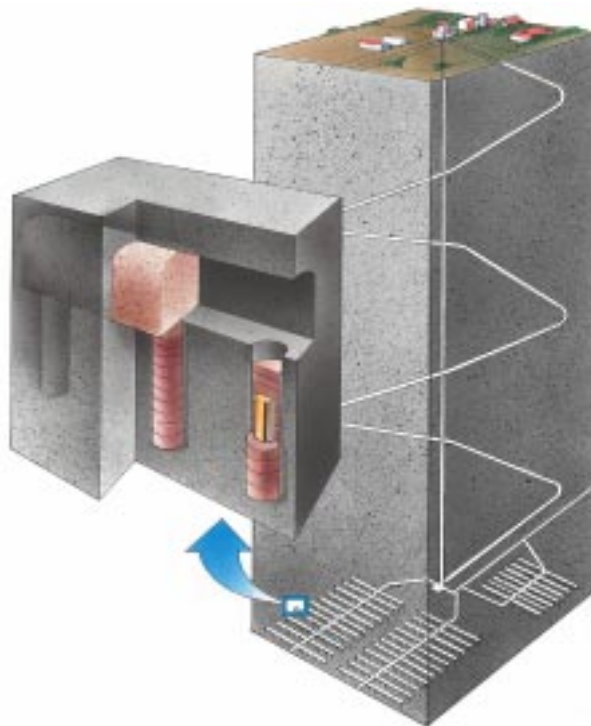
Nuvarande plan är att det använda kärnbränslet ska inneslutas i kopparkapslar. Kapseln är en av de viktigaste barriärerna, eftersom den skall hålla bränslet avskilt från grundvattnet under mycket lång tid. Den skall således vara tät och inte korrodera i det grundvatten som finns i berg, eller pressas sönder av de mekaniska påfrestningar den utsätts för i djupförvaret.

För att åstadkomma detta planeras kapseln att tillverkas med en yttre kapsel av koppar, som ger korrosionsskydd och en inre insats av gjutjärn eller stål, som ger mekanisk stabilitet. Koppar korroderar mycket långsamt i det syrefria och syrefattiga grundvatten som finns djupt i svensk berggrund. Syre kommer snabbt att brytas ned av några av de hundratal arter av mikroorganismer som finns i det grundvatten som sipprat genom urberget under tusentals år. Genomförda studier visar att kopparkapseln kommer att förbli vattentät under minst en miljon år vilket är betydligt längre än de 100 000 år som bränslet avger mer strålning än rik uranmalm.

Kapslarna kommer att placeras i djupförvaret ca 500 meter ner i urberget. Där bäddas de in i en speciell lera, bentonit. Grundvattnet gör att leran sväller och fyller ut utrymmet mellan berg och kapsel. Var i Sverige djupförvaret kommer att finnas, har ännu inte bestämts.



Kapsel för djupförvar



Djupförvar

7.6 Övrigt avfall

Fast avfall

Fast avfall sorteras så långt det är möjligt och varje sort behandlas separat. Asbest och uthärdade epoxiplaster samlas och transporteras i containers till kommunens speciella deponeringsplats. Lysrör och kvicksilverlampor samlas och tas om hand i återvinningsanläggning. Hushållsavfall och industriavfall såsom byggavfall, plast och friklassade föremål komprimeras, förpackas och transporteras enligt kommunens bestämmelser. Trägårdsavfall flisas och används inom området.

Filtermassor

Inaktiva, eller ytterst lågaktiva jonbytarmassor, förvaras i behållare. Före tömning av dessa sker provtagning och kontroll av aktivitet. Efter anmälan till SSI (Statens Strålskyddsinstitut) deponeras de på egen markdeponi, där övertäckning omedelbart sker.

Oljeavfall

Oljeavfall uppsamlas i speciella tankar. När tankarna är fyllda transporteras de bort av auktoriserad entreprenör, antingen för destruktion eller förbränning.

Miljöfarligt avfall

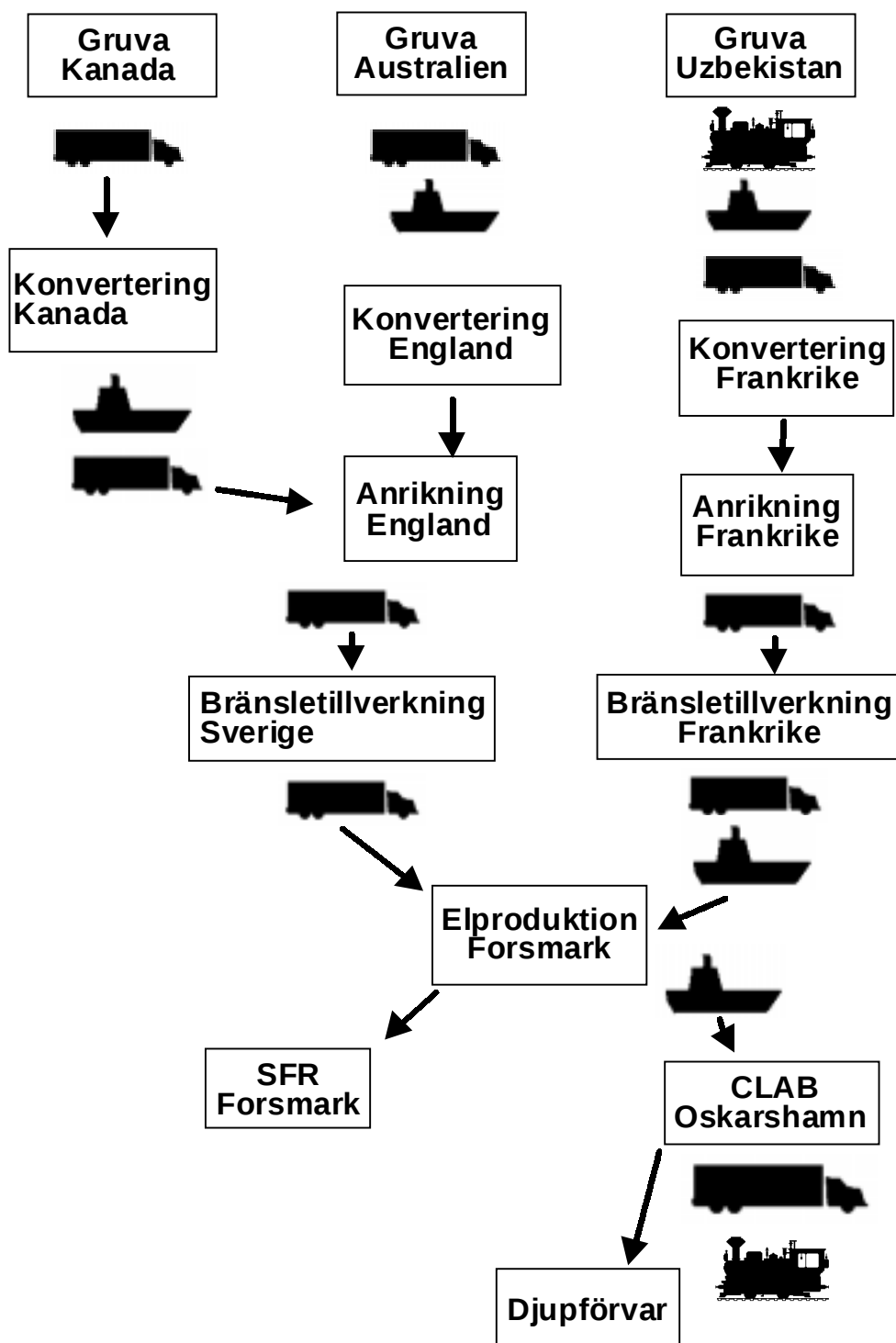
Allt övrigt avfall - utöver olja - som klassas som farligt för hälsa, säkerhet eller miljö samlas ihop och transporteras bort av auktoriserad entreprenör för destruktion.

8 TRANSPORTER

Det transportarbete som krävs under kärnbränslelivcykeln sker med lastbil, fartyg och tåg beroende på var gruvan ligger och vilka anläggningar som ingår innan bränslet sitter i reaktorn.

8.1 Från gruva till djupförvar

Uranverk och malmbearbetning ligger oftast i nära anslutning till gruvan. Om vi väljer tre olika gruvor, en i Kanada, en i Australien och en i Uzbekistan kommer transportvägen till och från Forsmark schematiskt att se ut enligt bilden nedan.



Malmen transporteras med lastbil från gruva/uranverk till konverteringsanläggningarna. Transporter från Australien och Nordamerika går med lastbil och båt. Uran från Uzbekistan transporteras med lastbil och tåg till centraleuropa. Inom Europa används främst lastbil men även båt.

8.2 Transportswap

Inom kärnbränsleområdet finns det några företeelser som är unika för denna bransch, speciellt gäller det materialbyte av uranhexafluorid UF_6 (s.k. "transportswap").

Naturlig uranhexafluorid (halten U^{235} är som i natururan d.v.s. 0,711 %) är det som används i en anrikningsanläggning för uran. Ett standardiserat förfarande med noggranna materialspecifikationer enligt ASTM (American Society for Testing and Materials) finns för att man skall kunna bedöma att uranhexafluoriden håller rätt kvalitet för att kunna anrikas.

De största kommersiella anrikningsanläggningarna i världen (USEC i USA, Urenco och Eurodif i Europa samt TENEX i Ryssland) har alla anammat dessa ASTM-specifikationer och tar emot material som ligger inom de i specifikationen uppsatta gränsvärdena. Världens stora konvertörer (från U_3O_8 till UF_6) följer också dessa ASTM-specifikationer och samtliga levererar material med rätt kvalitet. Konvertörernas geografiska placering (Frankrike (Comurhex), UK (BNFL), Kanada (Cameco) och USA (Converdyn) i kombination med allt material som ligger inom materialspecifikationerna betraktas som likvärdigt, medför att den naturliga UF_6 blir "utbytbar" mellan materialägarna.

Eftersom alla försörjningskontrakt upphandlas i konkurrens kan utfallet bli att man av kommersiella skäl köper sitt uran och konverterar detta i Kanada men sedan anrikar materialet i Europa. Detta innebär att en fysisk transport av UF_6 över Atlanten måste ske. Att transportera den här sortens material är både dyrt (man måste använda speciella licensierade transportörer, dessutom har man att ta hänsyn till safeguardfrågor, bilaterala avtal och exportlicensfrågor), krångligt och dåligt ur miljösynpunkt (transporter förbrukar bränsle och producerar avgaser). Lösningen är att "transport-swappa" material med en annan användare som har UF_6 i Europa och anrikningskontrakt i USA. Detta innebär att ett materialbyte kan ske och att den ena intressenten, som har anrikningskontrakt i Europa skriver ett avtal med en annan intressent, som har anrikningskontrakt i USA om att byta material med varandra. Detta sparar pengar och minskar miljöbelastningen genom att eliminera transporterna över Atlanten.

Det man måste komma ihåg när man sysslar med dessa affärer är att det finns handelshinder mellan USA och Europa vilket innebär att man inte hur som helst byter uran av olika ursprung med varandra. I USA får tex. inte material från FSU (Former Soviet Union) importeras hur som helst ty DoC (Department of Commerce) anser att detta material "dumpar" marknaden och slår ut amerikanska producenter. Ett liknande förfarande finns inom EU vilket innebär att EU-staterna inte kan byta material hur som helst utan måste ha ett godkännande av ESA (Euratom Supply Agency).

Då det ibland kan vara svårt att hitta en lämplig motpart som har det "omvända" transportbehovet har det vuxit fram en affärsverksamhet vilken innebär att det finns internationella konsultföretag som jobbar med att förmedla transportswappar och para ihop intresserade parter för att kunna få detta till stånd. För detta får de en ersättning, men den är oftast liten i förhållande till vad en leverans skulle kosta. Vattenfall Bränsle använder sig av detta i stor omfattning av kostnads- och miljöskäl.

Det går även att "transportswappa" tidigare och senare i bränslekedjan vilket innebär att det främst tillämpas för U_3O_8 . Det är också möjligt att swappa anrikat uran men detta är mycket svårare beroende på safeguard frågor och nationella/internationella restriktioner angående spridning av nukleärt material.

8.3 Medel- och lågaktivt avfall

Transporter av medelaktivt avfall, i huvudsak filtermassor, sker i tjockväggiga stålcontainrar, som ger den behövliga strålskärningen. Dessa behållare väger med last upp till 120 ton styck och rymmer ca 25 m³ avfall. Lågaktivt avfall kräver inte strålskärning och kan transporteras i vanliga containrar.

8.4 Använt bränsle

Transporten av använt bränsle från Svenska kärnkraftverk till CLAB sker med ett specialanpassat fartyg. Den svenska båt som fraktar radioaktivt avfall heter Sigyn och är ett dieseldrivet lastfartyg av roll on/roll off-typ. Kapaciteten är 30 ton använt kärnbränsle per resa. Det använda bränslet placeras i särskilda transportbehållare innan det lastas på Sigyn.



Sigyn

För det använda bränslet används cylindriska behållare av stål. Dessa har mycket kraftiga väggar (ca 30 cm tjocka), för att avskärma den starka strålningen från bränslet. Eftersom bränslet avger värme måste värmen kunna ledas bort från behållaren. Den är därför försedd med ett stort antal kylflänsar av koppar. Behållaren väger med last ca 80 ton, och är konstruerad för att klara större påfrestningar än vad som rimligen kan uppstå vid transporterna. Exempelvis klarar den ett yttre tryck som motsvarar 4 000 meters vattendjup. För att transportera allt uttaget bränsle från en kärnkraftsreaktor till CLAB krävs 6-10 transporter per år.



Transportbehållare för använt kärnbränsle

Transporten av kapslar från CLAB till djupförvar kommer att ske i samma typ av transportbehållare som används när kärnbränslet transporteras till CLAB. Beroende på var djupförvaret byggs kommer båt och tåg och/eller lastbil att användas för transporten.

8.5 Ägaransvar för uran

Förvärv av kärnbränsle kräver tillstånd av svenska regeringen i enlighet med kärntekniklagen. Sådant tillstånd ges innehavare av kärnkraftverk. Innehavaren har tillstånd och därmed förknippat ansvar från vaggan till graven. Ansvaret börjar vid utvinning och slutar inte förrän djupförvaret har förslutits. SKB har tillstånd och driver kärnteknisk verksamhet på uppdrag av FKA.

9 REFERENSER

Länkar:

www.vattenfall.se

www.skb.se

www.wmc.com.au

www.cameco.com

www.urengo.com