



**Miljörelsens kärnavfallssekreterats (MILKAS')
remissutlåtande till SSI och SKI om SKB-rapporten SR-Can
(SKB TR-06-09)**

Augusti 2007, version 2

Innehållsförteckning

Inledning

1. Om tidsperspektiv och människans historia, av Maria Kuylenstierna, Marika Dörwaldt och Elisabet Ahlin
2. Risker, oklarheter och BAT (bästa möjliga teknik), av Maria Kuylenstierna, Marika Dörwaldt och Elisabet Ahlin
3. Review of the SR-Can Project, by Nils-Axel Mörner
4. Missvisande jämförelser om radioaktivitet, av Mats Törnqvist
5. "Hur länge är kärnkraftsavfallet farligt?", av Mats Törnqvist 2000

Inledning

MILKAS har tagit del av SKB AB:s säkerhetsanalys SR-Can och avger här ett yttrande i fem delar. Delarna berör olika aspekter av vår kritik av KBS-3-projektet ur säkerhetssynpunkt. Eftersom frågan om kärnavfallens hantering snart kommer att avgöras och detta beslut har långtgående konsekvenser för framtiden, så är det viktigt att miljörelsens synpunkter tas med i behandlingen av frågan, både vad gäller säkerhetsanalyser och SKB AB:s ansökningar om att få bygga inkapslingsanläggningen och slutförvaret.

Tyvärr har det den senaste tiden inte alltid gått till så. 1 november 2006 höll SKB AB ett möte med myndigheterna om SR-Can och säkerhetsfrågor som miljöorganisationerna hölls utestängda från. Istället för att låta oss delta i detta föreslog SKB AB, förmodligen på grund av miljörelsens kritik, ett separat möte för miljöorganisationerna. Det är dock något helt annat att delta i ett separat möte än att delta i diskussionerna med andra parter på lika villkor. Genom att välja vilka frågor man vill ta upp med vilka parter kan SKB AB kontrollera diskussionen och definiera diskussionsämnet. En annan yttring av denna sektorisering är industrins uppdelning mellan miljöfrågor och säkerhetsfrågor, som om en fråga är antingen det ena eller det andra. Detta är inte rimligt för kärntekniska anläggningar där risken för radioaktiva utsläpp är både ett miljöhot och en säkerhetsrisk.

För Miljörelsens kärnavfallssektariat

Maria Kuylenstierna

Marika Dörwaldt

Elisabet Ahlin

1. Om tidsperspektiv och människans historia

av Maria Kuylenstierna, Marika Dörwaldt och Elisabet Ahlin

Vi människor som lever nu ställs inför en uppgift som ingen generation någonsin tidigare ställts inför. På den energianvändning vi valt tvingas vi försöka blicka en miljon år fram i tiden och egentligen längre ändå. För människors och andra arters kommande barn och barnbarns barn måste vi nu se till att de ej berörs av det gift och avfall som blivit kvar av en del av vår energianvändning i Sverige med flera länder över hela jorden.

Avfallet vi talar om är mycket giftigt i alla dessa år, även om det successivt avklingar.

Vi ska inte ge upp, men tyvärr är sanningen att det med hittills utvecklad teknik för omhändertagandet av giftet ej går att garantera att det kan hållas åtskilt från jordens liv under denna långa tidsrymd.

En miljon år är en lång tid att överblicka geologiskt och många saker kan hända med miljön som giftet förvaras i. Förutsättningarna kan ändras. Men om det är långt geologiskt så är det ännu längre ur ett biologiskt evolutionärt perspektiv, och ur detta perspektiv ännu svårare att överblicka.

Vi måste ju ta hänsyn till att ett viktigt signum för oss människor som art är vår nyfikenhet. Evolutionen har tagit några miljoner år på sig att sälla fram denna. För 7 miljoner år sedan skiljdes vårt släkte från schimpansernas och för 200 000 år sedan tror man att människan anatomiskt sett först såg ut som vi, men först för ca 120 000 år sen ser man spår från en ”modern” mänsklig kultur. Det är därför föga troligt att denna nyfikenhet plötsligt skulle försvinna om vi inte själva som art försvinner först.

Av alla risker vi måste värdera så kan det vara människans nyfikenhet som är den största – alltså mer precist risken att förvaret för avfallet upptäcks utan kunskap och/eller ansvar för att ta hand om det på ett sätt så att inte radioaktiviteten eller de giftiga ämnena sprids i naturen. Det handlar alltså om risken att förvaret ”glöms bort” helt eller delvis, kanske blir vetenskapen till en myt likt ett Atlantis eller liknande.

När vi diskuterar det svenska förvaret och försöker uppskatta denna risk bör vi också komma ihåg att radioaktiviteten ej känner gränser, och att problemet med giftet ej är begränsat till ”lilla Sverige” utan avfallet finns runt om på jorden i alla de länder som använt kärnkraft i sin energiproduktion. Självklart har vi i Sverige ett särskilt ansvar för det svenska avfallet, men vi kan inte se på detta isolerat från andra länder. Och så har vi tidsaspekten. Om vi ser bakåt på de sista 100 000 åren så har det varit stora folkförflyttningar, nya arter har uppkommit, andra har utrotats. Istider har kommit och gått. För 100 000 år sedan strövade våra förfäder runt på den afrikanska savannen. Kanske bor våra efterkommande om 100 000 år i Thailand, det vet vi inte.

SKB AB har preliminärt i sin säkerhetsanalys SR-Can uppskattat KBS -metoden som säker i 100 000 år. I sin förenklade svenska sammanfattning av denna säger de så här om vetenskapen och tidsperspektivet 100 000 år:

“Hur är det möjligt att säga något om ett slutförvar i det tidsperspektivet?

En viktig del av svaret ligger i att förvaret är utformat så att det ska vara möjligt att analysera dess långsiktiga säkerhet i riktigt långa tidsperspektiv. Så har till exempel den

geologiskamiljön för förvaret valts på grund av att den varit stabil under mycket långa tider. Urberget vid platserna bildades för nästan 2 miljarder år sedan.

De tillverkade barriärerna – framför allt kapseln och lerbufferten – är gjorda av naturliga material som är stabila i den miljö förvarsberget erbjuder.(...)Det finns många exempel på att gammal vetenskap håller än idag. Newton utarbetade sin gravitationsteori på 1600-talet. Förståelsen av gravitationen genomgick sedan en revolution i början av 1900-talet då Einstein lade fram sin allmänna relativitetsteori. Einsteins teori förklarar många extrema gravitationsfenomen i universum där Newtons teori går bet. Ändå lärs Newtons enklare gravitationsteori ut i gymnasier och vid universitet, eftersom den mycket väl beskriver till exempel det allra mesta om planetbanorna i vårt solsystem”

(Långsiktig säkerhet för slutförvar för använt kärnbränsle vid Forsmark och Laxemar – en första värdering. Förenklad svensk sammanfattning av säkerhetsanalysen SR-Can s.93)

Men om människan fortsätter att vara lika nyfiken, vilket vi nog måste förutsätta, och om det för människor är möjligt att ta sig ner där avfallet ligger 500m, vilket det är redan idag och i framtiden kanske ännu lättare – vad spelar det då för roll om berget nu varit stabilt i 2 miljarder år (vilket i sig också kan ifrågasättas)? SKB AB gör nedslag i människans historia 400 år ner till 1600-talet för att ge en bild av 100 000 år. Det blir missvisande.

Låt oss fortsätta i en liten längre tillbakablick i människans historia för att ge ett annat perspektiv på frågeställningen kring hur vi ska överföra information i 100 000 år. Informationsöverföring under denna tid är svår därför att vi idag har svårt att tyda runstenar 1000 år gamla, den är svår för att den ursprungliga språkstammen för människans tal var färdigutvecklad för omkring 100 000 år sedan, innan dess var vår kommunikation annorlunda. Den är svår för att det absolut äldsta fyndet för med mänskliga tecken är 117 000 år. Det finns på en liten ockraste från Sydafrika och ingen forskare kan idag alls tyda vad det vill säga. Hur skall människorna om 100 000 år förstå våra tecken?

Den är svår även därför att istider och klimatförändringar gör att människor flyttar, och då måste en total återetablering ske. Om då de nya invånarna t. ex. tror att det finns en skatt i marken eller blir intresserade av kopparen i kapslarna kan detta leda till att man vill plocka upp avfallet. Det kanske kan inträffa i värsta fall om endast några hundrausen år. Det är inte helt osannolikt.

SKB AB skriver att mycket tyder på att man kan bevara information längre i framtiden. Men det kan också bli tvärtom. Det enda vi kan se och mäta med är att jämföra bakåt. För tusen år sedan fanns i Sverige en avancerad skeppsbyggnadsteknik som vi idag har begränsade kunskaper om och som vi försöker tolka utifrån arkeologiska fynd. För att hantera ett avfallsförvar krävs ännu mer detaljerad information än om dessa skepp. De första människorna som kom hit för 12 000 år sedan efter istiden och etablerade sig vet vi ännu mindre om. Vad kommer framtidens människor att veta om 10, 20, 30, 40, eller 100 tusen år om det avfall vi skapat? Eller om en miljon år?

Nästan säkert torde vara att det kommer att växla var det är bebott eller inte. Vi har i flera omgångar under de senaste hundrausen åren flyttat ut ur Afrika som de flesta forskare, som studerat människans historia, är ense om var vårt ursprung som art. Först för 40 000 år sedan etablerade vi oss enligt forskarna i Europa.

Det har varit flera utvandringsförsök. Det första för 120 000 år sedan, i vilket alla de människor som vandrade dog ut för 90 000 år sedan. För 80 000 år sedan vandrade de människor som skulle bli alla icke-afrikanska folks ursprung ut över världen. För 70 000 år sedan hade den tidens människor nått Kina, Australien och för 50 – 30 000 år sedan Europa.

För 25 000 år sedan tog de sig över Berings sund till Alaska och Amerika. För 15-13 000 år sen hade de nått Sydamerika och även upp till Skandinavien. För ca 12 000 år sedan har man daterat de äldsta bosättningarna i Skåne till.

Med detta i minnet och med vetenskapen om vad människans nyfikenhet drivit oss till tycks SKB AB:s påstående att Forsmark och eventuellt Laxemar är tillräckligt säkert för ett slutförvar som ett Babels torn. Det ramlar alldeles för lätt.

KBS-3-förvaret är utformat så att det riskerar att glömmas bort. Det är svårt att därur ”säkert ta upp en kapsel” om något skulle hota förvaret.

Vi behöver ödmjukt inse att vi har ett stort problem. Vi har ingen säker lösning för kärnkraftsavfallet. Visst har en hel del arbete gjorts för att hitta en, men mer måste göras, framför allt måste fler alternativ prövas. Det är falsk marknadsföring att säga att vi har en säker lösning. För vi diskuterar ett i mänskliga mått mätt omöjligt långt perspektiv.

Referens:

Lasse Berg, ”Gryning över Kalahari – Hur människan blev människa”, Ordfront 2005

2. Risker, oklarheter och BAT (bästa möjliga teknik)

av Maria Kuylenstierna, Marika Dörwaldt och Elisabet Ahlin

1. Ovissheten om hur framtidens samhälle och teknik ser ut

Hela slutförvarsprojektet stöter på svårigheter som beror på att det är omöjligt att veta hur samhället och tekniken utvecklar sig så långt in i framtiden som förvaret kommer att finnas. SKB AB skriver i en av sina säkerhetsprinciper (3.2)¹ att risken för mänskligt intrång minskas genom att man väljer en plats där förvarsberget kan antas ha litet ekonomiskt intresse för framtida generationer. Men vi som lever nu kan inte veta vad som har litet ekonomiskt intresse i framtiden, när ny teknik och nya energikällor kanske uppfunnits, som använder andra ämnen än hittills. De energikällor vi använder nu skulle människorna som levde för några tusen år sedan, eller ens några hundra år sedan, inte ha kunnat gissa sig till. Vi kan inte ens veta att inte själva kärnavfallet, eller metallen i kapslarna, har ekonomiskt intresse för människor i framtiden så att de försöker ta upp det.

Problemet med att det inte går att veta något om framtidens samhälle hanteras i SR-Can-analysen genom att man antar att ”samhälle och teknik är i princip desamma som idag” (6.10.2). SKB AB konstaterar själva att detta inte är sannolikt, men har ingen bättre lösning att föreslå. Att utgå från detta antagande i brist på bättre är problematiskt eftersom det kan leda till att man blir mindre inriktad på att tänka sig möjligheterna för framtidens samhällseliga, tekniska och ekonomiska utveckling. Även om förändringarna inte går att förutsäga, så måste det allra mest osannolika vara att det inte blir några förändringar.

2. Risker kopplade till sprickor

Det är tydligt att det finns många säkerhetsproblem förknippade med sprickor i berget, både sådana som finns från början och sådana som kan uppstå genom jordbävningar, t ex efter en istid.

SKB AB skriver att slutförvaret måste få en ”jordbävningssäker konstruktion” genom att man tillverkar hållfasta kapslar och placerar dem på ett sådant sätt att risken minskas för skadlig påverkan vid jordskalv, och skriver även om respektavstånd på 50-100 m till stora sprickzoner. (6.9.3) Det verkar dock inte som om det med de nu tillgängliga kunskaperna om jordbävningar och sprickbildning går att tala om en jordbävningssäker konstruktion. Sekundärrörelser vid jordbävningar kan uppstå även i mindre sprickor, varvid respektavståndet till större sprickor inte hjälper. Frågan är dessutom hur stort respektavståndet skulle behöva vara – geologen Nils-Axel Mörner menar att 50-100 m inte räcker utan att det snarare skulle behövas 50-100 km.

Vad gäller risken för att stora jordskalv ska uppstå, så skriver SKB AB att det är svårt att uppskatta sannolikheten på ”riktigt lång sikt” – en miljon år – men att sannolikheten ökar med tiden. För en av de två platser som är aktuella för slutförvaret – Laxemar – skriver SKB att ”[s]prickbildningen är mycket varierande och kunskapen om det detaljerade spricknätverket är osäker” (3.4.3) De kommer fram till slutsatsen att kapselskador till följd av jordskalv är mycket osannolikt, men inte kan uteslutas. Den slutsatsen dras utifrån bedömningar av risken

¹ Kapitelhänvisningar syftar på den svenska sammanfattningen R-07-24, utom där det står ”SR-Can” då de syftar på den fullständiga rapporten.

för jordskalv som SKB AB tidigare har fått kritik för av forskare då de varit alltför optimistiska.

Med hänsyn till alla dessa oklarheter och svårbedömbara risker, så ifrågasätter MILKAS om det är möjligt att bygga ett säkert slutförvar som motsvarar kraven på bästa möjliga teknik (BAT), när man valt en form av förvar som är så beroende av berggrunden som passiv barriär och som inte inbegriper någon form av övervakning. Alternativa former av förvar borde undersökas.

3. Risker kopplade till grundvatten och glacialt smältvatten

Många risker med slutförvaret är kopplade till vatten. Risker som tas upp är:

- Stora eller starkt vattenförande sprickor (7.3), som de största riskbidragen i analysen handlar om/som är bland de största riskerna, eftersom de kan leda till brott på kapslarna antingen genom sekundära skjuvrörelser i berget vid jordskalv eller genom korrosion p g a att bufferten löses upp i vattnet. Det finns många osäkerheter om hur stor sannolikheten är för sådana sprickor och för att man inte upptäcker att deponeringshålet är olämpligt.
- Kanalbildning i bufferten efter deponering, som kan leda till erosion av bufferten. (5.3)
- Termisk spjälkning, d v s att uppvärmning av berget leder till nya sprickor. Detta kan leda till att ämnen som finns lösta i grundvattnet överförs till bufferten och kan skada kapslarna genom korrosion. (5.4)
- Risk att bufferten utsätts för grundvatten med låg salthalt, vilket kan förekomma under istider, så att leran löses upp och förs bort med grundvattnet. Detta kan enligt en grov beräkning drabba ”tiotals procent av deponeringshålen under den miljon år som analysen totalt omfattar” (6.6)
- Risken att buffertmaterial förloras p g a glaciala smältvatten under en istid (7.2). SR-Can konstaterar att man inte vet hur stor risken är och att mer forskning behövs.

SKB kommer i sin analys fram till slutsatsen att ett KBS-3-förvar vid Forsmark kommer att uppfylla SSI:s riskkriterium, men att det finns osäkerheter. Dessa har att göra med ”till exempel buffererosionen och vattenflödets egenskaper”. (7.1)

Med tanke på alla de risker, osäkerheter och bristfälliga kunskaper som gäller vattenflöden – i störst utsträckning grundvattnet – så är MILKAS kritiskt till att SKB AB håller fast vid att kärnavfallet ska förvaras i grundvattenförande urberg. Alternativa former av förvar, t ex torrförvar ovan jord, bör utforskas på samma villkor som KBS-3-metoden.

4. Oklarheter om kapslarna

I SR-Cans genomgång av barriärer och vad som händer om de inte fungerar (6.12.2) skriver SKB AB om det hypotetiska fallet att det finns en stor öppning i kopparhöljet på alla kapslar: ”I detta fall har den primära säkerhetsfunktionen gått förlorad vilket med tiden ger avsevärda konsekvenser.” I ett annat hypotetiskt fall, där alla kapslarna är helt defekta så att varken kopparhöljet eller gjutjärnsinsatsen skyddar, blir konsekvenserna lika allvarliga på lång sikt men med början genast istället för efter ett antal tusen år.

Varför är kopparhöljet den primära säkerhetsfunktionen? Borde inte i så fall kapslarna vara helt och hållet av koppar, för att vara på den säkra sidan?

5. Oklarheter om brytningsteknik för deponeringstunnlar

SKB AB skriver att man ännu inte valt brytningsteknik för deponeringstunnlarna, men att två metoder är aktuella: borrhning/sprängning och mekanisk brytning med tunnelborrmaskin. Sedan skriver man att i SR-Can analyseras endast det första alternativet – utan att ge någon förklaring till detta, och samtidigt som man konstaterar att ”Valet av brytningsteknik kommer att påverka deponeringstunnlarnas mått och form, samt i vilken omfattning det omgivande förvarsberget påverkas av brytningen”! (3.3.4) Varför har man då valt att bara analysera ett av två alternativ?

6. Om tillämpningen av bästa möjliga teknik, BAT

I myndigheternas krav på ett säkert slutförvar ingår att industrin ska använda bästa möjliga teknik ur miljösynpunkt, BAT. SKB AB hävdar i SR-Can (SR-Can 13.3.4, s. 538) att en allmän redogörelse för användandet av BAT är så bred att den inte i sin helhet kan ingå i säkerhetsanalysen, och att de därför begränsar sig till en del. SKB AB redogör i SR-Can endast för den variant av KBS-3-metoden som man valt att använda (“the KBS-3 method with vertical deposition, using copper/cast iron canisters, buffer and backfill”, SR-Can s. 538) och diskuterar inom denna ram val av material och liknande. De menar att det inte går att hävda att man använder BAT medan det fortfarande återstår så mycket av utvecklingsarbetet, utan att diskussionen om optimering och BAT på detta stadium snarare är en ram för att diskutera feedback (“a framework for discussing feedback to remaining development needs”, SR-Can s. 538).

Följden av detta resonemang riskerar att bli att det alltid är fel tidpunkt att göra en bred redogörelse för hur kraven på BAT ska uppfyllas – antingen är det för tidigt eftersom planerna inte är tillräckligt utvecklade och för mycket av arbetet återstår, eller också är det för sent eftersom man redan investerat så mycket i en metod att man inte vill lägga tid och pengar på att utforska flera metoder tillräckligt ingående för att kunna jämföra. KBS-3-metoden fortsätter att vara utgångspunkten, och de enda jämförelser mellan olika tekniker som blir kvar är jämförelser av olika tjocklekar på kapslarnas kopparhöljen, olika storlekar på bufferten och liknande. Detta stämmer inte med den uppfattning om hur BAT ska tillämpas och hur ”alternativ” ska definieras som framförts av miljöjurister som Peggy Lerman och Jonas Ebbesson.

Referens:

Föredrag av Peggy Lerman och Jonas Ebbesson på seminariet ”Kärnavfall – vilka alternativ för metod och plats bör redovisas?” 23 februari 2006.

3. Review of the SR-Can Project

by Nils-Axel Mörner

In the review of the 2004 FUD program, I have presented an extensive evaluation of all the problems related to the application of the KBS-3 method in Sweden (Mörner, 2005a). This review is still more than valid, and should be consulted for all those who care about true safety and the utilization of the most recent knowledge with respect to geodynamics and paleoseismicity.

The recent advancements in “paleoseismics” are given in a major book (Mörner, 2003) and some international top-journal publications (Mörner, 2004, 2005b). It should be noted that this Paleoseismic Catalogue of Sweden (Mörner, 2003) gives the most comprehensive picture of Swedish earthquakes in the past. In 1999, a group of 40 international experts were able to investigate most of the base data, and gave their full acclamation (by that ruling out statements as given on p. 320-321 in SR-Can). With ongoing research, our catalogue today includes 58 events.

1. The location of a repository

Forsmark and Oskarshamn are proposed as potential sites. Are those really the very best sites we could find in Sweden?

Well, I would surely say: no! There must be numerous other places that might be considered. Besides, it is “the best site” that must be searched for.

Forsmark and Oskarshamn were early candidates, and very little, if any, efforts has been exercised to search for better alternatives.

Personally, I have, at least, a couple of sites that seem superior from a geological point of view.

2. The “best method” for a long-term repository

The “best method” must be applied. Is KBS-3 really the best available method. The answer is: certainly not! (below; Cronhjort & Mörner, 2004; Mörner, 2005a; MILKAS, 2007).

Attractive alternative methods are the DRD-method and Super-Deep Boreholes, both by themselves and in combination. It is to be serious criticized that those alternative have not been allowed to be adequately analysed and presented (despite applications).

Furthermore, it should be noted that reactors are not be run or built unless the handling of the nuclear waste is not “solved” in a way that guarantee a long-term safety for at least 100,000 years. No doubts, this demand has put a very strong pressure for the claiming of the existence of a “safe” method. The KBS-3 method cannot give any such long-term safety “guarantees”, however. Rather we see strong facts indicating the opposite, as summarized below (point 3).

3. The long-term safety of a KBS-3 repository

The nuclear waste produced in Sweden and Finland is to be placed underground in a KBS-3 repository. This repository is said to fully safe for at least 100,000 years.

Such “guarantees” are necessary both in Sweden and Finland for the decision of the application of the KBS-3 method. *If a 100,000-year’s safety cannot be guaranteed, the method cannot be applied.*

It is a prime mistake in the environmental impact assessment like in SR-Can not to realise that there, in fact, are no guarantees at all of a 100,000 year’s safety. Let me review the situation (cf. Mörner, 2003, 2005a; Milkas, 2007).

3.1. The idea of a “final deposition”

One would have assumed that the handling of the nuclear waste deposition would have been characterized by free search for “the best available method”. This was never the case. Instead, authorities in Finland and Sweden rapidly stopped for a “final deposition” according to the KBS-3 method. The environmental impact assessment should have noted this.

The idea of a “final deposition” came out of an utterly wrong and old geological picture of the late 1970ies. At that time, the concept of “stability” still remained; today demolished and gone.

Today, we know for sure that there is no “safety” to lean on in the future perspective of 100,000 years or so. On the opposite, we now know that Fennoscandia was a high-seismic area after the Ice Age, with fault displacements, bedrock fracturing and methane explosions.

Therefore, we can no longer talk about a long-term safety of a KBS-3 repository; at least not with an anchoring in modern geoscientific achievements.

In this situation, the environmental impact assessment should have demanded an opening of the repository case and a renewed search for “the best available method”.

Personally, I am convinced that such a search would call for quite another method than the old KBS-3 method (Cronhjort & Mörner, 2004; Mörner, 2005a).

3.2. The Earthquake scenario

The understanding of Fennoscandian paleoseismicity has undergone a revolution in the last decades. Numerous faults of postglacial age are recorded in Finland, some even cutting right across old “bedrock blocks” surrounded by weak zones and hence claimed to be totally stable over time. In Sweden, there is a paleoseismic catalogue including 58 high-magnitude events, with several events reaching above 8 on the Richter Scale.

In such a seismic environment, A KBS-3 repository can hardly be left intact and undamaged; on the contrary, serious damage is to be expected.

The discussion in SR-Can (9.4.5 and 12.9) gives a quite reactionary view (not to say “quite a nonsense”). In the Forsmark area, for example, we have, during the last 10,000 years, recorded 5 separate earthquakes (with 7 in the Hudiksvall and 14 in the Mälardalen

areas, not so far away – this is not consistent with the data given in SR-Can (e.g. p. 321).

3.3. The talk about a safe ”respect distance”

In order to be able to find room enough to locate a KBS-3 repository in the bedrock, it was claimed that the canisters could be placed “50-100 m from a regional fault line”. This is a quite remarkable statement that has no validity (Mörner, 2005; Milkas, 2007). Observational facts would *rather call for a distance of 50-100 km (i.e. a 1000-time difference)*.

I am surprised that the environmental impact assessment seems not understand this very serious “weakness”, because without the “respect distances”, the KBS-3 method falls.

3.4. Methane explosions

In my book “Paleoseismicity of Sweden – a novel paradigm” (Mörner, 2003), I was able to show that the Fennoscandian bedrock, indeed, had experienced several explosions in the past when methane ice (in voids, hollows and fractures) transformed into gas when rock pressure decreased (with the land uplift) and temperature rose (after the Ice Age). The last event occurred 2000 BP and set up a tsunami wave of 20 m.

This novel factor is not yet considered in the nuclear waste handling programs. Still, it effectively invalidates all talk about a safe long-term deposition. In SR-Can, we find no mentioning of this central problem for a realistic long-term safety (cf. Mörner, 2005a, Milkas, 2007).

This has to be considered by the environmental impact assessment and SR-Can review program.

3.5. Climate and Future Ice Ages

With Future Ice Ages and glacial expansion phases, all the effects (earthquakes, methane explosion, hydro-fracturing, changes of thermal gradients in the bedrock, changes in stress and strain directions, geoid deformation, loading, etc.) of the last deglacial phase will be repeated. This will invalidate all claims of a long-term safety of the repository of KBS-3 type (cf. Mörner, 2001, 2005a).

4. Conclusions

The KBS-3 method, by necessity and regulation rules, calls for a long-term safety for a period of, at least, 100,000 years. SR-Can does not provide novel data in support of this, however. On the contrary, modern progress in geodynamics and paleoseismics (Mörner, 2003, 2005), seems to indicate the opposite; *a KBS-3 repository lack adequate long-term safety*.

In this situation, alternative methods must be seriously, openly and rapidly considered.

Blåsebacken den 24 juli, 2007

Nils-Axel Mörner

Head of Paleogeophysics & Geodynamics at Stockholm University (1991-2005)
Member of Milkas (from 2005)

5. References

- Cronhjort, B. & Mörner, N.-A., 2004. A question of dry vs wet. The case for Dry Rock Disposal of nuclear waste. *Radwaste Solutions*, May-June, 2004, p. 44-47.
- MILKAS, 2007. *Vår medverkan i kärnavfallsfrågan*. Folder vid SKB-dagen den 24 januari, 2007, 4 pp.
- Mörner, N.-A., 2001. In absurdum: long-term predictions and nuclear waste handling. *Engineering Geology*, 61, 75-82.
- Mörner, N.-A., 2003. *Paleoseismicity of Sweden – A novel paradigm*. 320 pp (a contribution to INQUA from its Subcommission on Paleoseismology, 2003).
- Mörner, N.-A., 2004. Active faults and paleoseismicity in Fennoscandia, especially Sweden: primary structures and secondary effects. *Tectonophysics*, 308, 139-157.
- Mörner, N.-A., 2005a. *Remissutlåtande över "FUD-program 2004" (SKB)*. Del 2: utlåtande från enheten för Paleogeofysik & Geodynamik genom dess föreståndare Nils-Axel Mörner, p. 1-19. Stockholm University.
- Mörner, N.-A., 2005b. An interpretation and catalogue of paleoseismicity in Sweden. *Tectonophysics*, 408, 265-307.

6. Attachments

Statement by MILKAS (Milkas, 2007, p. 2)

"Det håller i 100.000 år", lovade de (essay)

MILKAS “medverkan” innebär följande:

(1) MOTVERKAN mot CLAB, KBS-3 och “slutförvar”

- eftersom konceptet (CLAB, KBS-3, slutförvar) inte håller och moderna geologiska framsteg inte beaktats
- eftersom SKB:s ”jordbävningsscenario” och ”respektavstånd” måste ogiltigförklaras i ljuset av nya observationsfakta
- eftersom alternativa metoder och platser inte analyserats på ett adekvat sätt (bara negerats)
- eftersom våra synpunkter (t.ex. i miljösamråden) inte kommit fram på ett erforderligt sätt

(2) En omformulering av ”ändamålet”

- eftersom idén om ett ”slutförvar” vilar på en föråldrad, nu totalhavererad, geologisk bild, så är den inte längre rimlig och inte heller genomförbar
- i stället måste ett nytt realistiskt ”ändamål” vara ”bästa möjliga förvar i rådande situation” där full miljöhänsyn står i centrum (i korttidsperspektivet så väl som långtidsperspektivet) liksom forskningsfakta och etiska-filosofiska värderingar

Vi citerar:

*”Termen slutförvaring är bara till för att skapa illusionen
av att man löst ett problem
som i själva verket blir en nedgrävd katastrof
som bara kommer att vänta på att få inträffa”*

Sten Widmalm, docent i statskunskap, SvD 2007-01-09

”Det håller i 100.000 år”, lovade de

I den stora staden, där kärnkraftindustrin höll till, gick det mycket muntert till; hvar dag ditkommo många främlingar, en dag kommo två bedragare. De gáfvo sig ut för att vara bergmekaniker och sade att de kunde konstruera ett avfallsförvar som ”höll i 100.000 år eller mer”. Ej nog med att konstruktionen och säkerheten voro någonting ovanligt fulländat, utan det förvar som de byggde hade äfven den underbara egenskapen, att det syntes ohållbart och förkastligt för hvarje människa, som vore oduglig i sitt embete eller också vore otillåtligt dum.

Det vore ett präktigt slutförvar för vårt kärnbränsleavfall, tänkte kärnkraftsfolket. Då vi hade det förvaret beskrivet, skulle vi kunna upptäcka, hvilka personer i landet som inte duga till det embete de innehafa; vi skulle kunna skilja de kloka från de dumma; ja, det förvaret måste vi genast få beskrivet. Och så gaf de de två bedragarna mycket penningar på hand, för att de skulle börja sitt arbete.

Och så gick det som det gick. Först skickades representanter för Första Tillsyningsmyndigheten dit för att se hur det gick med förvaret. ”Åh, Gud bevare oss! tänkte de. Det här kan ju aldrig hålla”. Men det sade de inte. De båda bedragarna bådo dem stiga närmare och frågade; är det inte förträffligt och garanterat hållbart i mer än 100.000 år. Herre Gud! tänkte representanterna för Tillsyningsmyndigheten; skulle vi vara dumma, skulle vi inte passa för vårt embete? Nej, det går inte an, att vi säger, att vi inte tror att förvaret håller.

Åh, det är enastående, alldeles utomordentligt och det kommer att hålla i all evighet, sa de i en mun.

Och så kom representanter för Andra Tillsyningsmyndigheten och en massa Förståsigpåare och Tyckare; alla prisade de förvaret för dess utomordentliga hållbarhet under evärdliga tider. Ingen ville vara dum och ingen villa vara oduglig i sitt embete, så en efter en svarade samma sak *”vilket enastående slutförvar – ja, det kommer att hålla hur länge som helt och minst 100.000 år”*.

Ni måste skynda på att besluta er, sa kärnkraftsindustrin. Vi måste börja bygga; ju fortare dess bättre, sa de båda bedragarna och tänkte för sig själva; innan de upptäcker att allt är en bluff.

Men några fritänkare – vare sig dumma eller odugliga i sina ämbeten (kanske just tvärt om) – sa; är ni inte riktigt kloka?; inget, absolut inget, kan garanteras eller lovas för sådana enorma tidsrymder som 100.000 år. Det borde väl var och en med minsta sunda förnuft kunna inse. Det ”enastående förvaret” är inget annat än en bluff!

Nils-Axel Mörmér

Fritt efter H.C. Andersens ”Kejsarens nya kläder” (1837)

Faktaruta:

För 25–30 år sedan, bestämde man efter mycket käbbel, långa diskussioner och mycket kompromissande: dels (1) att kärnkraftsreaktorerna bara fick köras om avfallsfrågan var ”löst”, och dels (2) att avfallet måste deponeras i ett oåtkomligt, säkert ”slutförvar” i berget. Detta ”slutförvar” måste hålla i ”minst 100.000 år”.

Man behöver inte vara särskilt smart eller kunnig i frågan för att inse det horribla i situationens: om punkt (1) skall gälla, så måste punkt (2) gälla, för om punkt (2) inte skulle gälla så kan ju inte heller punkt (1) gälla – och då vore det kaos. Och kaos vill ingen ha, så därför fick man (till varje pris?) se till så att punkt (2) gäller, eller åtminstone framställs så att den synes gälla.

Därmed inleddes, vad vi kan kalla, spelet om ”kejsarens nya slutförvar” och ”de otroliga 100.000 åren”.

4. Missvisande jämförelser om radioaktivitet av Mats Törnqvist

1. Är resonemanget i 2.4.2.² relevant för en diskussion om aktivitetsförhållandena i ett slutförvar av utbränt kärnbränsle enligt KBS-konceptet?

Det kan i och för sig vara intressant att veta vilka radioaktiva ämnen och aktivitetsmängder som blir kvar i uranverkens och gruvornas avfallshögar men dessa uppgifter har knappast något att tillföra i en utredning som gäller slutförvaringen av det svenska utbrända kärnavfallet.

Man får närmast en känsla av att SKB AB ägnar sig åt dessa utläggningar för att blanda bort korten för läsaren.

2. Var finns uppgifter om %-halterna uran i de malmer som är normalt förekommande och som man hänvisar till på exempelvis sidan 31, första stycket?

Vad är det för en malm som SKB AB pratar om?

Naturligt förekommande uranmalm håller i normalfallet endast några tiondels procent uran om man bortser ifrån två s.k. ”monstergruvor” i Kanada som har högre uranhalter.

Att då hävda att aktiviteten i ett slutförvar av utbränt kärnbränsle vars inventarium består till 95% av uranisotoper och urandöttrar är jämförbar med motsvarande mängd uranmalm är ungefär som att påstå att en månadslön på några hundralappar är jämförbar med en månadslön på 100 000 kronor.

Vad menar SKB AB med ”jämförbar”?

Det mesta går ju naturligtvis att jämföra i ett eller annat avseende. Så kan man ju t.ex. jämföra atomära avstånd med ljusår om man så vill, men SKB AB:s retorik är i det här avseendet uppenbart medvetet vilseledande och klart tendentiöst. Man försöker helt enkelt på ett ganska klumpigt sätt föra läsaren bakom ljuset.

Faktum är att aktiviteten per ton 2%-ig uranmalm med urandöttrar ligger omkring 3,5 GBq, medan aktiviteten hos utbränt kärnbränsle efter en miljon år uppgår till ca 900 GBq/ton. Så ser verkligheten ut! Och de siffror jag presenterar är ingenting jag hittat på själv utan SKB AB:s egna siffror.

Referenser: Kärnbränslecykelns slutsteg SKBF/KBS i maj 1983 sid. 3:7- 3:11.
SKB-rapport R-07-24. Sid. 15-33.
Dödens sten. En bok om uranbrytning. Energiflödet, Falun, 1991.

² Kapitelhänvisningar syftar på den svenska sammanfattningen R-07-24.

Hur länge är kärnavfallet farligt? av Mats Törnqvist, 2000-08

Sifferuppgifterna som cirkulerar i detta sammanhang varierar starkt. Man kan få höra allt ifrån 100-tals till miljontals år. Dvs. vi har en spännvidd mellan olika uppgifter på åtminstone en faktor 10 000.

SKB hävdar att det högaktiva utbrända kärnbränslet är ofarligt om 100 000 år medan SKI brukar tala om någon eller några miljoner år vilket kan vara anledning nog att titta närmare på denna fråga.

Farlighet är egentligen ett mycket ett mycket oprecist begrepp, men för att inte krångla till det ska jag här anamma SKB:s sätt att definiera begreppet när de förklarar att det högaktiva avfallet ”på ca 100 000 år avklingat till en ofarlig nivå eller till vad som förekommer naturligt i jordskorpan”.

(Eftersom den radioaktivitet som förekommer naturligt i jordskorpan både varierar från plats till plats och kan medföra risker för människors hälsa, t.ex. i form av höga radonhalter i vattentäkter och byggnader, är naturligtvis inte detta ofarlighetsbegrepp invändningsfritt, men liksom SKB bortser jag från detta tills vidare).

Frågan blir alltså hur snabbt avfallet sönderfaller och vid vilken tidpunkt radioaktiviteten blivit så låg att den inte längre utgör någon fara för hälsa och miljö.

För att kunna svara på den frågan behöver vi veta vilka långlivade radioaktiva ämnen som ingår i bränslet, hur snabbt de sönderfaller och vad som är att betrakta som en ”naturlig nivå”.

Men därutöver tillkommer att vi behöver veta något om **på vilket sätt** dessa ämnen sönderfaller.

Uran och kärnbränsle

Låt oss därför först titta litet närmare på vad kärnbränsle är för något. Att det består av uran är bekant för de flesta. Men vad mera är – det består av tre olika varianter, eller isotoper, av uran, vilka skiljer sig åt genom att deras atomkärnor innehåller olika många neutroner. Detta medför att de sinsemellan har olika fysikaliska egenskaper, t.ex. att deras kärnor sönderfaller olika fort och på olika sätt. De reagerar inte heller på samma sätt när de utsätts för det neutronbombardemang som äger rum i en kärnreaktor.

Dessa uranisotoper brukar betecknas, U-234, U-235 och U-238. Den isotop som är av avgörande betydelse för kärnklyvningsprocessen i våra svenska kärnkraftsreaktorer är U-235.

Naturligt uran

Dvs. uran sådant som det vanligen påträffas i jordskorpan utgörs av en blandning av de tre isotoperna i följande sammansättning:

Uran-238	99,28 %	$T_{1/2} = 4,468 \times 10^9 \text{ år}^*$
Uran-235	0,71 %	$T_{1/2} = 7,037 \times 10^8 \text{ år}^*$
Uran-234	0,006 %	$T_{1/2} = 2,454 \times 10^5 \text{ år}^*$

* $T_{1/2}$ = Isotopens halveringstid

Detta naturliga uran är inte direkt användbart till energiproduktion i det slags reaktorer som vi har. Halten av uran-235 måste höjas för att detta ska bli möjligt.

Anrikat uran till kärnbränsle innebär att man höjt halten av den klyvbara isotopen uran-235. En vanlig anrikningsgrad är ca 3,5% uran-235. Vid anrikningen stiger även halten av uran-234.

Ett typiskt färskt kärnbränsle kan ha sammansättningen:

Uran-238	96,47%	964,7 kg/ton
Uran-235	3,50%	35,0 kg/ton
Uran-234	0,03%	0,3 kg/ton

Den specifika aktiviteten hos de olika uranisotoperna ser ut på följande sätt:

Uran-238	12,447	MBq/kg*
Uran-235	71,114	MBq/kg*
Uran-234	$2,303 \times 10^5$	MBq/kg*

* 1 MBq = 1 megabecquerel = 1 miljon sönderfall/sekund

De olika isotopernas bidrag till aktiviteten i ett ton typiskt (färskt) kärnbränsle blir därmed:

Uran-238	$964,7 \times 12,447 = 12\,007,6$	MBq
Uran-235	$35,0 \times 71,114 = 2\,489,0$	MBq
Uran-234	$0,3 \times 2,303 \times 10^5 = 69\,090$	MBq

Och den totala aktiviteten 83 587 MBq eller ca 83,6 GBq.*

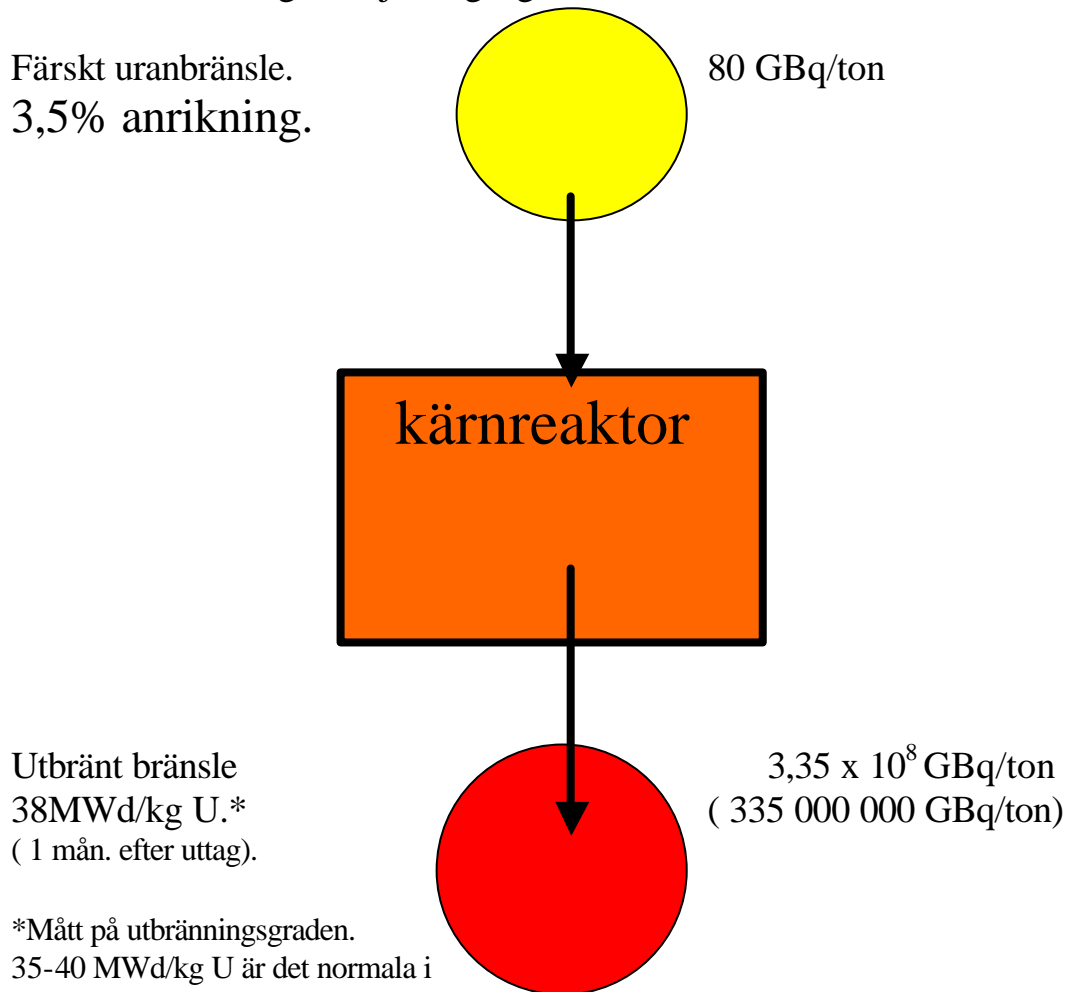
*1GBq = 1 gigabecquerel = 1 miljard sönderfall/sekund

Trots att isotopen uran-234 endast utgör 3 hundradels procent av bränslematerialet bidrar den pga sin förhållandevis mycket kortare halveringstid som synes med större delen av det färskas bränslets aktivitet, ca 82,6 %.

Från färskt till utbränt kärnbränsle.

Vid kärnklyvningsprocessen i reaktorn sker ett intensivt neutronbombardemang varvid framför allt uran-235-atomerna splittras till mindre fragment, s.k. klyvningsprodukter, bestående av instabila isotoper av lättare grundämnen såsom exempelvis Cesium-137, Strontium-90, Tecnetium-99 och Krypton-85. Dessutom sker en absorption av neutroner i bl.a. uran-238-atomernas kärnor vilket leder till att tyngre instabila grundämnen, s.k. transuraner bildas såsom t.ex. plutonium, americium och neptunium.

Från att således från början endast ha bestått av tre uranisotoper kommer bränslet efter att ha använts i reaktorn att innehålla ett mycket stort antal radioaktiva isotoper med sinsemellan högst skiftande egenskaper. Detta innebär också att bränslet när det tas ut ur reaktorn kommer att ha en avsevärt högre aktivitet än vad det hade när det en gång sattes in. Som framgår av figuren nedan ökar aktiviteten några miljoner gånger.



*Mått på utbränningsgraden.
35-40 MWd/kg U är det normala i svenska kärnkraftverk.

Avklingningen.

Det utbrända bränslets höga aktivitet vid uttaget från reaktorn härrör till betydande del från kortlivade klyvningsprodukter. Detta innebär att aktivitetens avtagande går mycket snabbt i början för att sedan plana ut alltmer.

Utbränt kärnbränsle.

Avklingning.

Tid efter uttag ur reaktorn. År.	Aktivitet. GBq/ton.
40	7 000 000
100	1 700 000
1000	72 000
10 000	16 000
100 000	2 300
1 miljon	900
10 miljoner	215
4,5 miljarder	85

Av ovanstående sammanställning framgår att det utbrända kärnbränslet först efter 4,5 miljarder år börjar komma ned till en aktivitetsnivå som motsvarar det färska bränslets.

Eftersom saken i detta sammanhang gäller frågan om när det utbrända bränslet kan ha "avklingat till ofarlighet" kan vi lämna det korta perspektivet och de kortlivade klyvningsprodukterna därhän. Och det som är intressant i det längre perspektivet är vad som återstår av de ursprungliga uranisotoperna och vad som finns av nybildade transuraner i det utbrända bränslet.

Det kan se ut så här:

Innehåll av några tunga nuklider i utbränt kärnbränsle.

Nuklid.	Gram/ton bränsle.	T½ (år)
Uran-235	7 400	$7,037 \times 10^8$
Uran-234	200	$2,454 \times 10^5$
Uran-238	945 000	$4,468 \times 10^9$
Neptunium-237	440	$2,14 \times 10^6$
Plutonium-238	150	88
Plutonium-239	4 700	24 100
Plutonium-240	2 000	6 570
Plutonium-241	1 000	14,4
Plutonium-242	660	376 000
Americium-243	100	7 370
Curium-244	30	18,1

Vad säger oss nu denna tabell?

Alldeles bortsett ifrån att den visar att vi kommer att ha kvar ungefär ett kilo plutonium per ton avfall efter 100 000 år så visar den att bränslet fortfarande innehåller nära 95% uran-238 och ungefär 0,7% uran-235.

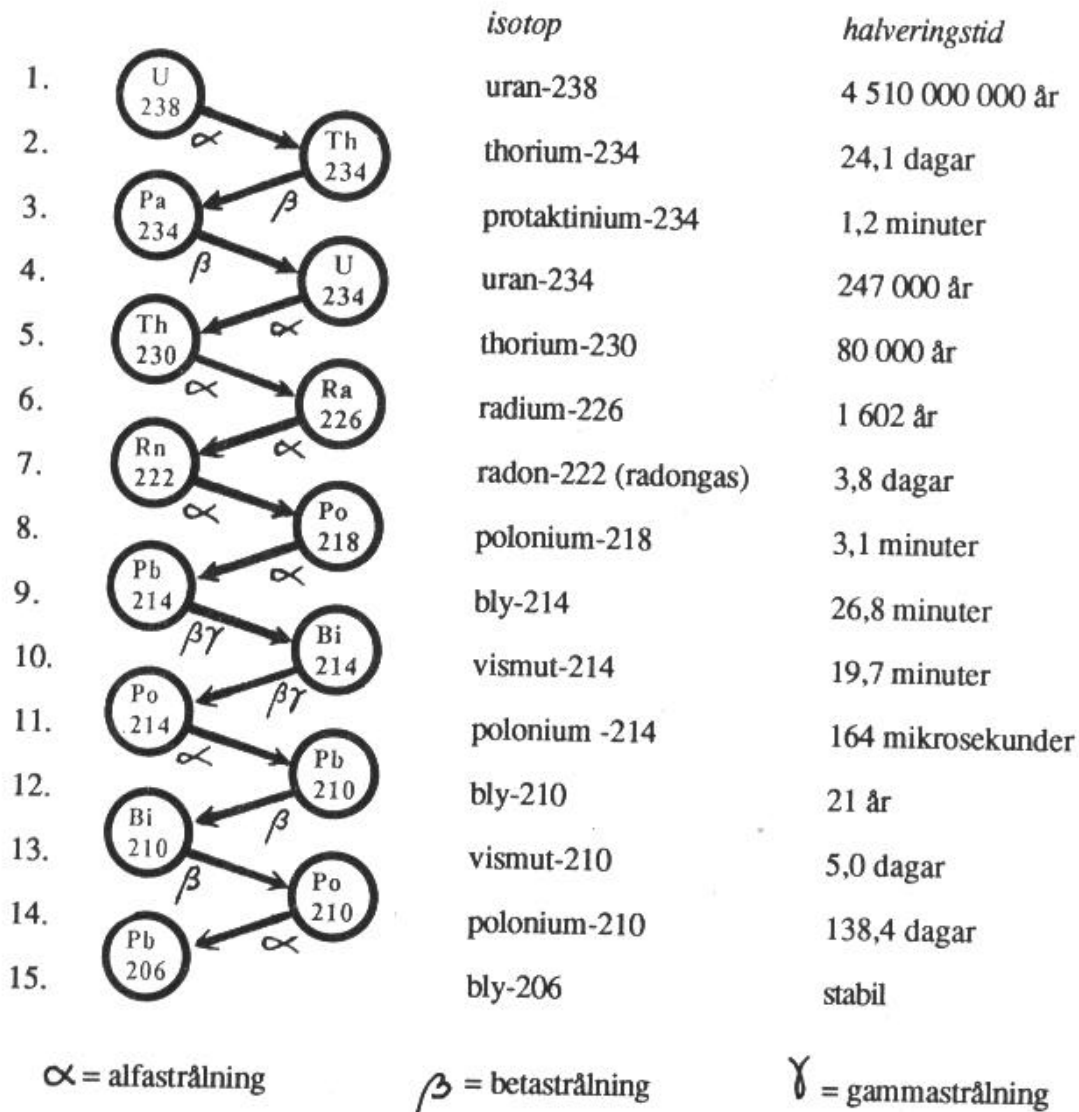
Uran- 238 har som synes en halveringstid på ca 4,5 miljarder år, vilket är detsamma som att hälften av den ovan angivna mängden fortfarande kommer att återstå vid denna avlägsna tidpunkt i jordens framtid.

Detta innebär också att avfallets innehåll av uran-238 inte kommer att genomgå någon påtaglig minskning under vare sig 100 000 eller några miljoner år.

Men det kommer att hända något annat intressant i sammanhanget.

Uran-238 kommer med tiden att sönderfalla till stabilt bly, men detta sönderfall sker stegvis över andra radioaktiva ämnen i en mycket strikt ordning.

SÖNDERFALLSKEDJA FÖR URAN-238



Sönderfallet sker i 14 steg och bilden ovan visar hur detta sker, vilka nya radioaktiva ämnen som successivt bildas, deras halveringstider och vilken typ av strålning respektive ämne avger vid sitt sönderfall. Samtliga dessa ämnen kommer alltså att uppstå i avfallet och för all framtid finnas där i mängder som är direkt proportionella mot deras halveringstider. Vad vi alltså får i långtidsperspektivet är en urangruva med en uranhalt över 90% och med alla de besvärliga radioaktiva mellanprodukter som t.ex. radium, radon och radondöttrar som finns i en sådan. Fortfarande efter 4,5 miljarder år har vi (om vi nu föreställer oss att den plats där vi lagt ned bränslet är intakt, vilket måste

betraktas som högst osannolikt) således en sådan urangruva, nu med en uranhalt på nära 50%.

Frågan man nu alltså skall ställa sig är om detta är något som kan betraktas som ”en ofarlig nivå eller vad som förekommer naturligt i jordskorpan”.

Låt oss därför titta på en annan tabell:

Naturliga förekomster av uran **(Medelvärden)**

I jordskorpan	0,0004 %
I Ranstad	0,03 %
I Rössinggruvan	0,045 %
I Rangergruvan	0,25 %
I Key Lake	2,0 %
I Cigar Lake	12%

Som framgår av denna tabell är de halter av uran som står att finna i naturliga förekomster långt blygsammare än ens de knappa femtio procent som vårt kärnbränsleförvar kan uppvisa fortfarande efter 4,5 miljarder år. Uranhalter över 1% är mycket sällsynta och gruvan Key Lake i Kanada betecknades vid upptäckten som en ”monstergruva”. Cigar Lake , likaledes i Kanada är världens i dag rikhaltigaste gruva och brytningen där sker p.g.a. den höga radioaktiviteten med hjälp av fjärrstyrd utrustning.

Det kan därför inte vara korrekt att hävda vare sig att det utbrända kärnbränslet efter 100 000 år avklingat till ofarlighet eller att dess aktivitet då ligger i nivå med vad som förekommer naturligt i jordskorpan. Att påstå att så skulle vara fallet om något eller några miljoner år är visserligen ett steg i rätt riktning men ligger ändå mycket långt från sanningen.

Den verkliga sanningen är att det utbrända kärnbränslet aldrig någonsin i vår jords framtida historia kommer att avklinga till nivåer som är naturligt förekommande på vårt klot!

Frånsett vad som ovan sagts kan man naturligtvis fråga sig om avfallet är att betrakta som ofarligt ens när det i sin helhet förvandlats till bly. Bly betraktas ju

som en av våra giftigaste tungmetaller och något som vi till varje pris vill hindra från att spridas i vår miljö.

De 500 meters bergtäckning som f.n. planeras för kärnavfallsförvaringen kommer heller inte att förslå långt i det aktuella tidsperspektivet om man betänker att den för ändamålet så lovprisade skandinaviska urbergsskölden skalats av **minst** 10 kilometer på höjden under de gångna 1,8 miljarder åren. Det deponerade materialet kommer oundvikligen som en följd av erosionens krafter att förr eller senare hamna i marknivå och därmed kommer det också att fritt kunna sprida sig i biosfären.

SKB:s påstående att det utbrända bränslet är ofarligt om 100 000 år leder också till orimliga konsekvenser, om man jämför detta med hanteringen av och synen på det låg- och medelaktiva avfallet som skall slutförvaras i Forsmarkslagret, SFR.

Aktiviteten i det utbrända bränslet kommer om 100 000 år att ha sjunkit till ungefär 2 300 GBq/ton.

I Forsmarkslagrets berggrum, 60 meter under marknivå, skall enligt gjorda prognoser 60 000 m³ avfall med en sammanlagt aktivitet på 5-10 miljoner GBq deponeras.

Fram till den 31/12 97 hade man deponerat ca 22 850 m³. Denna avfallsvolym hade enligt uppgift från SKB vid samma tidpunkt den sammanlagda aktiviteten 340 000 GBq vilket betyder 15 GBq/m³.

Utgår vi ifrån att volymvikten är 1 ton/m³, vilket torde vara lågt räknat, håller detta avfall i genomsnitt en aktivitet på 15 GBq/ton.

Detta innebär att SFR-avfallets aktivitet **vid deponeringen** uppgår till högst 0,65% av den aktivitet som för det högaktiva avfallet angivits som ofarlig. Den fråga man osökt ställer sig, är varför man gör sig så mycket besvär med att ordna ett avfallsförvar 60 meter ner i berggrunden och vidtar så rigorösa försiktighetsåtgärder för ett avfall vars aktivitet inte ens når upp till en hundradel av den nivå som förklarats som "ofarlig".

Än mer förbryllande blir det hela om man betänker att SFR-avfallet enligt SKB "har avklingat till ofarlighet om 500 år" dvs när dess aktivitet sjunkit till ca 1% av värdet vid deponeringen.

Det betyder ju att man menar att det högaktiva avfallet kan betraktas som ofarligt vid en aktivitetsnivå som ligger åtminstone 15 000 gånger högre än den nivå till vilken SFR-avfallet skall sjunka för att betraktas som ofarligt.

Om man vänder på resonemanget något kan man ställa sig följande fråga:

- *När kommer aktiviteten i det utbrända bränslet att ha sjunkit till samma nivå som det avfall har som **nu** deponeras i SFR?*

Svaret blir: om sisådär 10-12 miljarder år. Men då har vår sol för länge sedan slocknat och livet i vårt solsystem är något som tillhör en mycket avlägsen tid i universums historia.

De ovan gjorda aktivitetsjämförelserna mellan uranmalm, SFR-avfall och utbränt kärnbränsle framgår kanske något åskådligare i de diagram som finns på sidorna 10 och 11.

Referenslista.

SKB rapport R-97-02. "Använt kärnbränsle – hur farligt är det?" Sid. 14.

Nuclear Words and Terms. Miles Goldstick.

SKB-rapport. PR D-96-016. Förstudie Östhammar. Sid.35.

Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle KBS-3, SKBF 1983.

Dödens sten. En bok om uranbrytning. ISBN 91-87200-04-x. Energiflödet 1991.

Årsrapport SFR, 1998-01-27. Deponerade mängder mm. 1997.

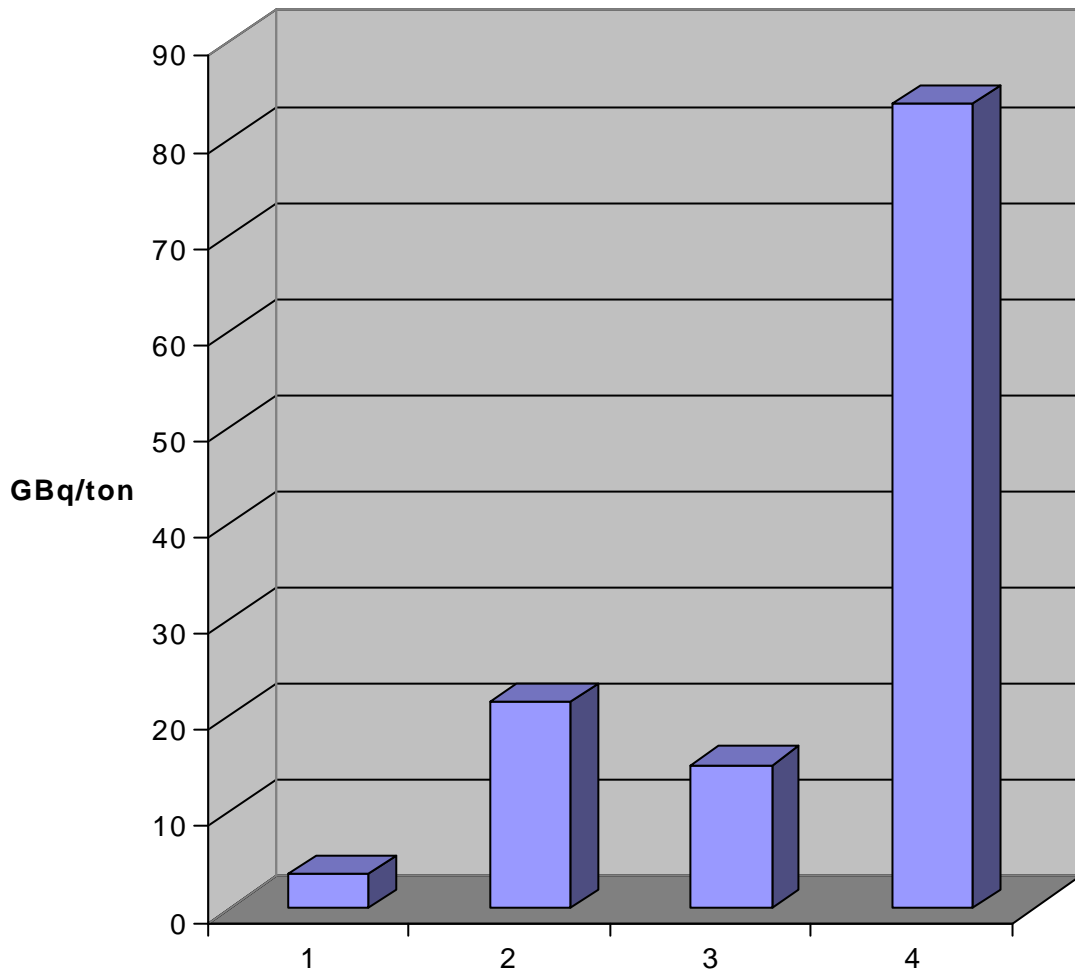
SKBF. Kärnkraftens slutsteg. "Plutoniumanvändning i svenska reaktorer". 1982.

"Slutförvar för reaktoravfall – SFR". Informationsskrift, SKB 1987.

Version 2000-08-16.

Mats Törnqvist
Söderboda 3601
74071 Öregrund.

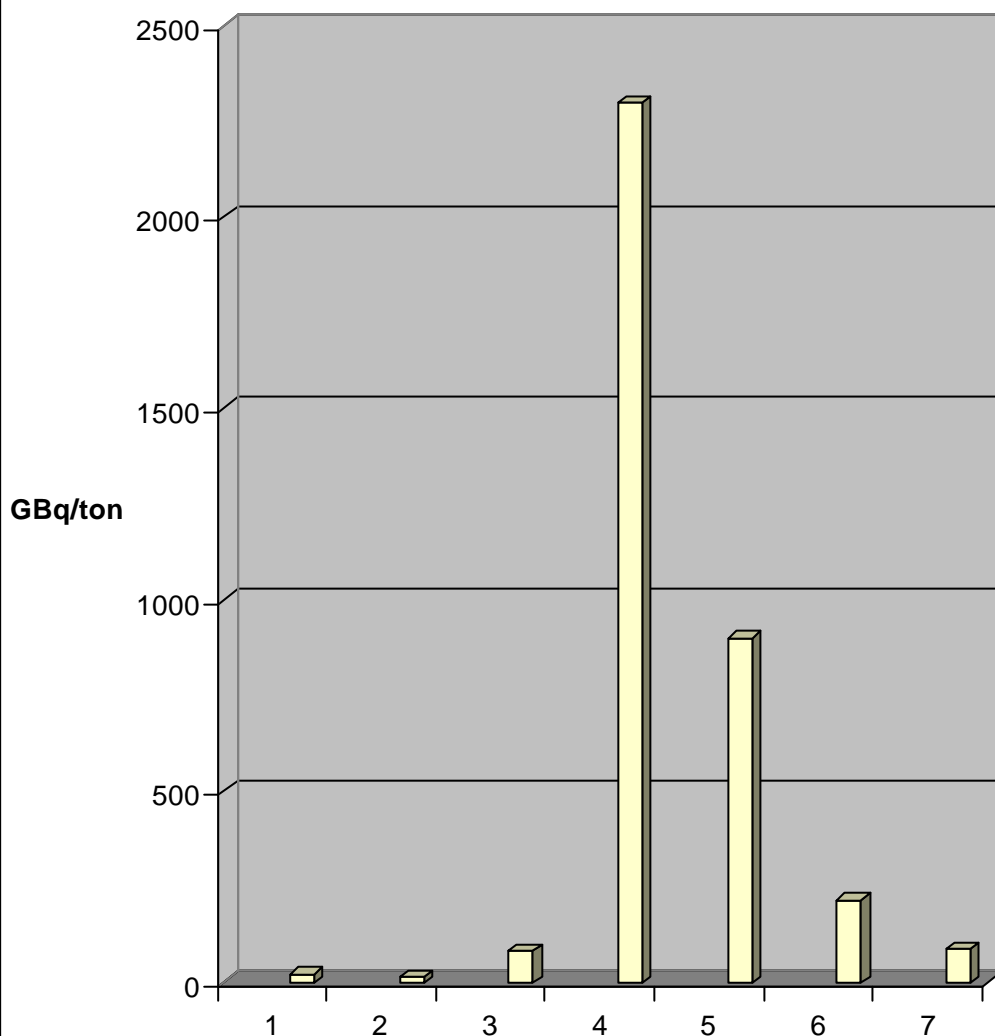
Uranmalm, kärnavfall och kärnbränsle. En aktivitetsjämförelse.



Aktivitet
GBq/ton

- | | |
|------------------------------|------|
| 1. Key Lake | 3,6 |
| 2. Cigar Lake | 21,5 |
| 3. SFR-avfall vid deponering | 15 |
| 4. Färskt kärnbränsle | 83,6 |

Uran och kärnavfall. En aktivitetsjämförelse.



Aktivitet
GBq/ton

1. Cigar Lake	21,5
2. SFR-avfall vid deponering	15
3. Färskt kärnbränsle	83,6
4. Utbränt bränsle efter 100 000 år	2300
5. Utbränt bränsle efter 1 miljon år	900
6. Utbränt bränsle efter 10 miljoner år	215
7. Utbränt bränsle efter 4,5 miljarder år	85