

Slutförvar behövs i alla scenarier

Använt kärnbränsle kan återvinnas men Sverige har valt att inte göra det. I framtiden kan det dock komma att ske. Här diskuteras varför ett slutförvar kommer behövas oavsett val av strategi.

Inledning

Det använda bränslet från den svenska kärnkraften är planerat att förvaras 500 meter ner i berget, i Forsmark i Östhammars kommun. Bränslet ska placeras i kopparkapslar som svetsas igen. Sedan placeras kapslarna i berget, omgivna av bentonitlera som hindrar att vatten rör sig kring kapslarna [1]. I figur 1 visas principen för det planerade slutförvaret.

När bränslet placeras i slutförvaret har endast en liten del av den tillgängliga energin utnyttjats. Men Sveriges sätt att hantera använt bränsle är inte den enda möjligheten. I flera länder tillämpas andra bränslecykler där material från det använda bränslet tas till vara.

Det går att tänka sig att Sverige i framtiden kommer att byta kärnbränslestrategi och att man då väljer att ta tillvara värdefulla ämnen i det använda bränslet. Oavsett vad som kommer att ske gäller dock följande:

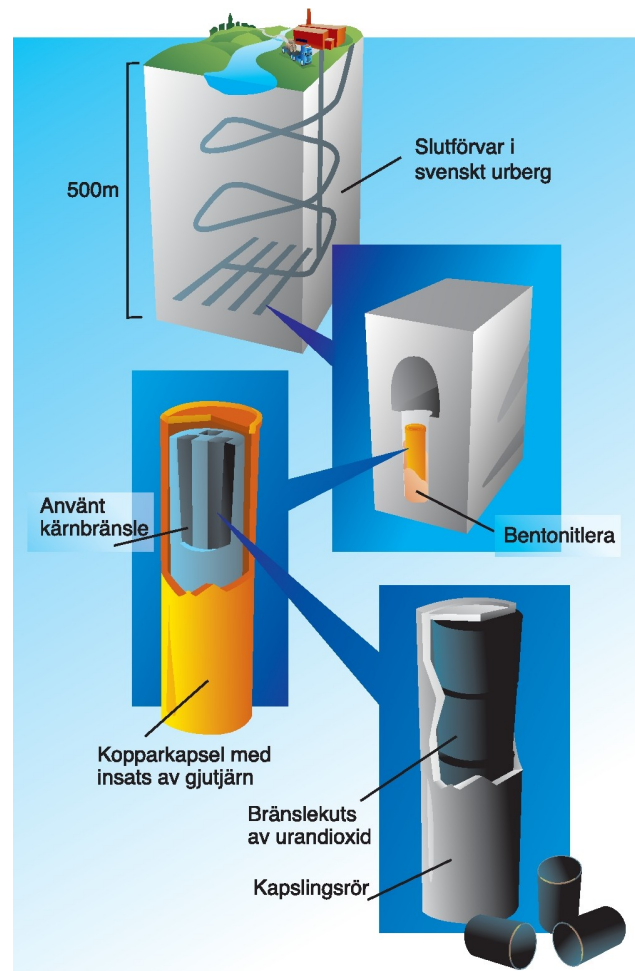
- Det behövs ett slutförvar i alla scenarier.
- Det finns ingen anledning att vänta med att börja slutförvara använt bränsle även om Sverige i framtiden beslutar sig för att byta strategi.

I denna rapport förklaras varför det är så, genom att beskriva det använda bränslets innehåll och om hur synen på bränsletillgången har förändrats över tid.

Avfall eller resurs?

SKB hanterar det använda bränslet

I Sverige är det Svensk Kärnbränslehantering, SKB, som har uppdraget från kärnkraftsindustrin att hantera det använda bränslet på ett säkert sätt [2]. Det är inte SKB:s uppgift att utvärdera själva strategin att avfallet ska deponeras. SKB lämnade 2011 in en ansökan om att få bygga ett geologiskt förvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Frågan behandlas i en tillståndprocess där Strålsäkerhetsmyndigheten, Mark- och miljödomstolen, Östhammars kommun och Regeringen är granskande och beslutande organ. Till detta ger olika remissinstanser synpunkter på ansökan [3]. I väntan på ett slutförvar förvaras allt använt bränsle vid SKB:s mellanlager Clab (Centralt lager för använt bränsle) i Oskarshamn [4].



Figur 1. Det använda bränslet planeras att förvaras i kopparkapslar 500 meter under marknivån. När förvaret är byggt kommer deponeringen av kopparkapslar att pågå under en tidsperiod av omkring 40 år.

Använt bränsle innehåller tre grupper av ämnen

Kärnbränsle som används i lättvattenreaktorer [5] består av urandioxid. Innan det används i reaktorn innehåller det mellan tre och fem procent uran-235, resten är uran-238. I reaktorn klyvs uran till klyvningsprodukter varvid stora mängder energi frigörs. Det är den lilla andelen uran-235 som står för huvuddelen av den frigjorda energin i lättvattenreaktorer. Trots att bränslet till största delen består av uran-238 så bidrar det endast med en liten del av energin.

Klyvningsprodukterna består av en lång rad ämnen som alla är lättare än uran. Det byggs också upp ämnen tyngre än uran genom att uran-238 fångar in neutroner. Framförallt bildas plutonium, som i sin tur är klyvbart och kan användas för att tillverka nytt bränsle.

När använt bränsle lyfts ur reaktorn innehåller det tre grupper av ämnen, se figur 2. Den absolut största delen är uran som inte har påverkats av att vara i reaktorn. Några procent är klyvningsprodukter och runt en procent är tunga ämnen, framförallt plutonium.

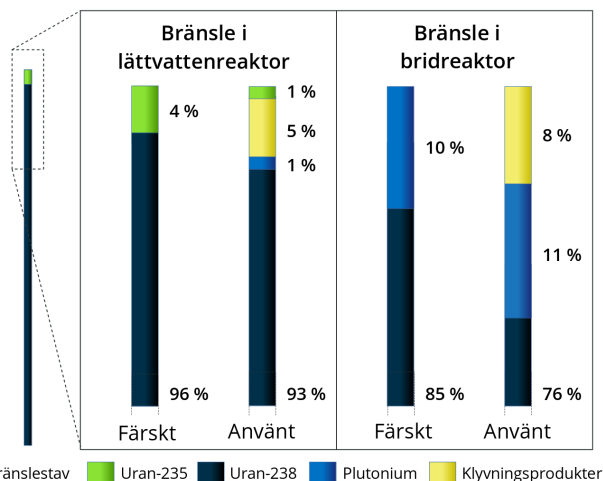
Plutonium och uran kan återvinnas

Det plutonium som bildats i det använda bränslet kan återvinnas för att tillverka nytt kärnbränsle. I dag gör några länder det, främst Frankrike, genom att återvinna plutonium i form av så kallat MOX-bränsle i lättvattenreaktorer. Detta ger en uranbesparing på 10-15 procent [6]. Behovet av uranbrytning minskar därmed något, men för att verkligen göra skillnad måste även uran-238 återvinnas ur avfallet, så att det kan omvandlas till klyvbart plutonium.

När plutoniumbränsle används i snabbreaktorer – som kyls av flytande metall istället för vatten – kan bridning uppnås. Det innebär att bränslet som tas ur reaktorn innehåller mer klyvbart material än vad det gjorde när det sattes in i reaktorn. Att det här är möjligt beror på att en snabbreaktor är bättre på att utnyttja bränslet än en lättvattenreaktor. Snabbreaktorer i drift producerar hela tiden plutonium genom att neutroner fångas in i uran-238. Bränslet upparbetas efter användning för att separera ut fissionsprodukterna, medan plutonium och uran återvinnas i nytt bränsle. På så sätt kan nästan allt uran användas snarare än den bråkdel som kommer till nytta i lättvattenreaktorer. Dessutom kan 50 till 70 gånger mer energi utvinnas ur samma mängd uran [7].

Det använda bränslet innehåller också en del klyvbart uran-235. Kärnreaktionerna i reaktorn avstannar innan allt klyvbart material är förbrukat och därför blir det alltid lite över. Det här uranet kan också återvinnas.

En del av klyvningsprodukterna skulle i teorin också kunna tas tillvara. Dels kan de användas som strålkällor inom sjukvården och för en mängd andra tillämpningar, dels finns det bland klyvningsprodukterna en del ovanliga ämnen som betingar höga priser. Men i praktiken används inte klyvningsprodukterna eftersom det är komplicerat att skilja ut de ämnen som i så fall skulle vara intressanta. Därför sker sådana processer främst i små reaktorer där klyvningsprodukterna kan utvinnas från speciella kanaler i reaktorhärden, där uran eller andra ämnen bestrålas.



Figur 2. Principiell bild på kärnbränslets sammansättning före och efter användning. Vanligt bränsle i en lättvattenreaktor (vänster), och ett exempel på bränsle i en snabbreaktor med bridning (höger). Uran-235 och plutonium kan återvinnas för klyvning medan uran-238 kan återvinnas för att omvandlas till plutonium. Klyvningsprodukter återvinnas inte.

Borde det byggas ett slutförvar för använt bränsle?

Det finns alltså möjligheter att återvinna det använda bränslet, vilket minskar behovet av både uranbrytning och slutförvar. Men även om allt uran och plutonium i det använda bränslet skulle återvinnas så återstår fortfarande klyvningsprodukterna. Några av dem skulle kunna tas tillvara, men de allra flesta skulle inte komma till nytta. Merparten av klyvningsprodukterna måste därför slutförvaras, så oavsett om det använda bränslet återvinnas eller inte kommer det att behövas någon form av slutförvar.

Vad händer med tidsskalan för slutförvaret när bränslet återanvänds?

Flera av de tunga ämnena i det använda bränslet är långlivade, vilket innebär att de sönderfaller långsamt. Det är för att de fortfarande är radioaktiva långt in i framtiden som slutförvaret har krav på att vara säkert under långa tidsrymder.

Det är dock, med få undantag, inte de tunga ämnena som riskerar att nå biosfären. De allra flesta av dem rör sig inte så långt och kommer, om de skulle komma ut ur kopparkapseln, att stanna i bentonitleran och i berget i närheten av kapseln. Några av de långlivade klyvningsprodukterna skulle däremot kunna röra sig långt från kapseln. Det leder till höga krav på hur slutförvaret måste utformas [8]. Skillnaden mellan ett slutförvar som innehåller plutonium och andra tunga ämnen, och ett slutförvar som inte gör det, är därför liten.

Är inte plutonium en resurs?

Plutonium kan användas som bränsle i reaktorer. Särskilt passar det i snabbreaktorer då plutoniumbränslen gör det möjligt att – genom bridning – bygga upp mer klyvbart material än vad som förbrukas.

I kärnkraftens barndom fanns det en oro för att det tillgängliga uranet inte skulle vara tillräckligt för de behov man såg då. Det ledde till ett starkt intresse för att bygga bridreaktorer för att snabbt producera plutonium.

Nu är situationen väsentligt annorlunda. Sverige har, efter femtio års drift av kommersiella lättvattenreaktorer, tillräckligt med plutonium för att starta snabbreaktorer om vi skulle vilja göra det. Det råder inte heller någon brist på uran, vilket gör att det inte finns något akut behov av att brida plutonium. Det finns bränsle som räcker i flera tusen år.

Sammantaget är situation sådan att det går att börja placera det använda bränslet i slutförvar, oavsett hur reaktorer förväntas utvecklas i framtiden. Idag har Sverige tillräckligt med plutonium i det använda bränslet för att kunna starta omkring sju stora snabbreaktorer med 1000 MW elektrisk effekt vardera [9]. De svenska lättvattenreaktorer som finns i drift producerar också tillräckligt med nytt plutonium för att kunna starta ytterligare en snabbreaktor ungefär vart åttonde år.

När snabbreaktorerna väl är i drift producerar de sitt eget plutonium från det uran som finns i bränslet. Det använda bränslet från lättvattenreaktorerna behövs därför bara för att kunna bygga fler snabbreaktorer. Det är därmed svårt att se ett behov av att återanvända allt använt bränsle inom en överskådlig framtid, ens vid en storskalig svensk satsning på snabbreaktorer. Det använda bränslet behöver därför en förvaringsplats.

Vid ett scenario med en väldigt stor svensk satsning på snabbreaktorer, kan deponeringstakten i slutförvaret saktas ned eller stoppas helt för att först kunna utvinna uran och plutonium ur det använda bränslet. Det går också att tänka sig en situation där beslut fattas om att ta upp bränsle ur ett slutförvar för att återanvända det, även om ett sådant scenario ter sig mindre troligt.

Sammanfattning

Det går absolut att se det använda kärnbränslet som en resurs då det kan användas för att tillverka nytt bränsle. Nuförtiden finns det gott om bränsle. Det plutonium som finns i det använda bränslet räcker för att starta fler snabbreaktorer än vad som rimligen kan behöva byggas i snabb takt. Om det använda bränslet återvinns så behövs

det fortfarande någon form av slutförvar, då det alltid finns en del långlivat material som inte kommer att tas tillvara. Eftersom det inte finns behov av allt det använda bränslet, oavsett om Sverige väljer att bygga snabbreaktorer eller inte, så är det klokt att bygga slutförvaret och påbörja deponering av det använda bränslet. Slutförvaret innebär att bränslet får en långsikt hantering, men det stänger inga dörrar för ett annat vägval i framtiden.

Författare: Mattias Lantz, Uppsala universitet

Granskning: Carl Hellesen, doktor i tillämpad kärnfysik

Bilder: Lasse Widlund (figur 1), Mattias Lantz (figur 2)

Källor och mer information

1. SKB har publicerat en lång rad rapporter som beskriver slutförvaret och dess säkerhetsanalys. Ansökan om att bygga slutförvaret för använt kärnbränsle rekommenderas särskilt eftersom den sammanfattar hela området. Hela ansökan finns samlad hos Strålsäkerhetsmyndigheten, "[Ansökan om kärnbränsleförvar](#)", december 2017.
2. SKB, "[Vårt uppdrag](#)", oktober 2020.
3. Kärnavfallsrådet, "[Tillståndsprocess om slutförvar för använt kärnbränsle](#)", november 2020.
4. SKB, "[Clab – mellanlager för använt kärnbränsle i Oskarshamn](#)", september 2020.
5. Lättvattenreaktorer använder vanligt (lätt) vatten som kylmedel och för att bromsa ned neutroner i reaktorhärden. Alla svenska reaktorer är lättvattenreaktorer.
6. F. Ekenborg, "[Kärnkraftens bränslecykler – från uran-gruvan till slutförvaret](#)", Analysgruppen, Bakgrund nr 2-2009, december 2009.
7. D. Westlén, "[Fjärde generationens kärnkraft](#)", Energiforsk, Rapport 2016-317, 2016.
8. Svensk Kärnbränslehantering, "[Biosphere analyses for the safety assessment SR-Site – synthesis and summary of results](#)", Technical report TR-10-09, december 2010.
9. Se följande text för mer detaljer kring resonemanget: D. Westlén, "[Använt bränsle – resurs eller avfall?](#)", Analysgruppen, Rapport, oktober 2018.