

Utarmat uran och dess risker

Den diskussion som förts i media om användningen av utarmat uran i Gulfkriget 1991 och nu senast på Balkan, ger ofta intrycket att det saknas underlag för att bedöma eventuella hälsorisker.

Detta är fel. Det har förekommit omfattande och långvarig exponering för uran i samband med gruvbrytning, höga naturliga uranhalter i miljön, och uranbearbetning av olika slag. Dessutom har det alltsedan andra världskriget bedrivits forskning baserad på djurförsök. Eventuella hälsoeffekter på människor har kartlagts genom epidemiologiska studier. Några strålskador har hittills aldrig observerats, vilket förklaras av uranets svaga radioaktivitet, uranstrålningens korta räckvidd, och uranets obenägenhet att tas upp i kroppen.

Det mesta av erfarenheten gäller naturligt uran, som från radiologisk synpunkt är skadligare än utarmat uran, och från kemotoxisk synpunkt är likvärdigt. I höga koncentrationer har uran visats ge njurpåverkan genom sin kemiska giftighet. I det avseendet är uranet jämförbart med men ibland mindre skadligt än andra, vanliga tungmetaller som bly, kadmium och kvicksilver.

Uppgifterna om en statistiskt säkerställd ökning av leukemi bland de internationella insatsstyrkorna på Balkan har inte bekräftats. Om så skulle bli fallet måste orsakerna vara andra än uranet. Detta kan hävdas på grundval av tidigare erfarenhet, kunskapen om uranets radiologiska och fysiologiska egenskaper, samt - i fallet Kosovo - den orimligt korta tiden mellan exponering och påstådd effekt.

Uran och dess olika former

Grundämnet uran har funnits naturligt alltsedan jorden blev till. Det bildades i olika radioaktiva former (isotoper), av vilka två har överlevt till idag - uran -238 och -235.

Bägge formerna är svagt radioaktiva och har successivt omvandlats till andra ämnen. Omvandlingen av U-235 har gått fortast eftersom det har den kortaste halveringstiden.

Idag finns bara en liten rest U-235 kvar i naturligt uran -0,7 % mot 99,3 % U-238. Halveringstiderna är 0,71 respektive 4,5 miljarder år.

Båda uranisotoperna bildar utgångspunkt för var sin långa sönderfallsserie, där det bildas ett antal nya, radioaktiva "dotterprodukter" innan det stabila (icke-radioaktiva) slutsteget har nåtts. Detta är i bägge fallen bly.

Bland de radioaktiva mellanstegen finns ämnen som vi

känner till från andra sammanhang, t ex **radium**, **radon** och **torium**. Av särskilt intresse är här att ett av stegen i uran-238-serien är ännu en uranisotop: uran-234. Uran-234 utgör 0,0055 % av naturligt uran.

Samtliga dotterprodukter i de båda sönderfallsserierna är mycket mera kortlivade än de ursprungliga uranisotoperna. Det gäller även dem som i mänskligt perspektiv är långlivade (t ex U-234 med en halveringstid på 245 000 år).

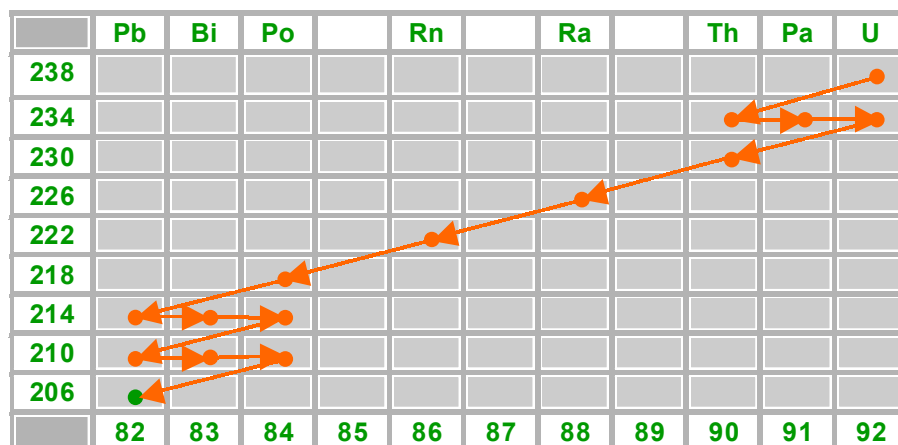
Det betyder att de i orört naturligt uran är i jämvikt med sin modernuklid: antalet sönderfall per sekund, dvs **aktiviteten**, är lika för modernukliden och var och en av döttrarna.

Följaktligen är i naturen aktiviteten från själva uranet betydligt mindre än från dess många döttrar.

I naturligt uran är det uran-238-serien som aktivitetmässigt är den klart dominerande, se nedan.

Masstal

Sönderfallsserie kallas den följd av radioaktiva sönderfall som pågår till dess en stabil nuklid bildas. Den vanligast förekommande serien börjar med uran-238 och slutar med bly-206.



Bearbetat uran

Uran används idag framförallt som bränsle i kärnreaktorer. Ett tidigt steg i bränsleframställningen är kemisk separation av uranet.

Detta innebär att bl a sönderfallsprodukterna frånskiljs, med undantag för uran-234, som är kemiskt oskiljbart från de övriga uranisotoperna.

För att upprätthålla energiproduktionen i en reaktor är det mestadels nödvändigt att i bränslet öka halten av uran-235 över den naturliga, dvs **anrika** bränslet med avseende på uran-235.

Anrikningsgraden varierar för olika reaktortyper - i de flesta kraftproducerande reaktorer ligger den på 3-4 %. I vapensammanhang, och även i vissa forskningsreaktorer, förekommer betydligt högre anrikning.

Anrikningsprocessen bygger på storleks- eller masskillnaden mellan de olika uranisotoperna.

Det betyder att den önskade anrikningen med avseende på uran-235 automatiskt medför anrikning också av uran-234, vilket från reaktor fysikalisk synpunkt är ointressant men aktivitetsmässigt har viss betydelse.

Restprodukten från anrikningsprocessen är **utarmat uran**, (eng. Depleted uranium, **DU**). Utarmat uran innehåller alltså mindre av både uran-234 och -235 än naturligt uran - typiska halter är 0,001 % respektive 0,2 %.

För denna sammansättning ger de tre isotoperna följande bidrag till uranets **specifika aktivitet**: 12,3 (U-238); 0,16 (U-235); 2,29 (U-234) kBq per gram uran (totalt 14,75 kBq/g).

För naturligt uran är motsvarande värden 12,3, 0,56 respektive 12,3 kBq/g (totalt 25,2 kBq/g).

Genom det ständigt fortgående radioaktiva sönderfallet börjar de avskilda dotterprodukterna åter att byggas upp i det renade uranet.

De nuklider som följer närmast efter uran-238 och -235 i respektive sönderfallsserie är så kortlivade att de hinner komma

i jämvikt med modernukliderna under lagringstiden för det utarmade uranet, och bidrar således till dess specifika aktivitet. Detsamma gäller givetvis för renat naturligt uran.

Räknar man in aktiviteten från dessa kortlivade dotterprodukter blir specifika aktiviteten för utarmat uran 39,4 kBq per gram, och för naturligt uran 50,4 kBq per gram.

Vi kan alltså konstatera att specifika aktiviteten för DU är ca 20 eller 40 % lägre än för naturligt uran, beroende på om man räknar in de kortlivade dotterprodukter som uppnått jämvikt.

I bägge fallen beror aktivitetskillnaden mellan DU och naturligt uran till övervägande del på skillnaden i halten av uran-234.

Det måste framhållas att aktiviteten inte är ett entydigt mått på den radiologiska risken: den beror också av strålningens art och av exponeringsvägarna.

De tre inblandade uranisotoperna avger sin sönderfallsenergi till helt övervägande del som **alfastrålning**.

De kortlivade dotterprodukterna, som har lägre sönderfallsenergi, är **beta-** och i viss mån **gammastrålare**.

Alfastrålning har mycket kort räckvidd och förmår t ex inte att ta sig igenom det döda cellagret i överhuden.

För att göra skada måste därför alfastrålning ämnen komma in i kroppen, genom inandning, förtäring eller genom öppna sår.

Betastrålningens räckvidd är längre, men den stoppas i allmänhet av kläderna. Vid långvarig direktkontakt med huden kan starka betastrålare ge brännskador, men det gäller knappast för utarmat uran.

Vid intag av utarmat uran är beta- och gammastrålningen av mindre betydelse än alfastrålningen.

Kemisk giftverkan

Vi har hittills bara berört de egenskaper hos uran som eventuellt kan ge strålskador. Därutöver måste noteras att uran som tungmetall har en kemisk giftverkan, som beror av ämnets kemiska form, hur det tillförs och hur det tas upp i kroppens organ.

I detta avseende är uran jämförbart med t ex bly, kvicksilver och kadmium, men skadligheten är i vissa fall lägre p g a lägre biologisk tillgänglighet [2, 3].

Spår av använt kärnbränsle

På sistone har det framkommit uppgifter om förekomst av uran-236 och spår av plutonium i utarmat uran, vilket visar på ett samband med använt kärnbränsle. Sambandet är dock odramatiskt och föranleder knappast någon omprövning av riskerna.

I en reaktor utsätts bränslet för intensiv neutronbestrålning som omvandlar uranet. Därvid klyvs uran-235 under stark energiutveckling och bildande av nya, mestadels starkt radioaktiva ämnen ("klyvningsprodukter").

I mindre utsträckning kan uran-235 fånga in neutroner utan

att klyvas, och bildar då en ny, långlivad uranisotop - uran-236 (halveringstid 25 miljoner år).

Uran-238 klyvs bara marginellt och omvandlas i stället till uran-239, som snabbt sönderfaller till plutonium. Plutonium är lättklyvbart på samma sätt som uran-235.

När bränslet har tjänat ut i reaktorn återstår det mesta av uran-238, medan en stor del av uran-235 förbrukats. Halten U-235 har således minskat men kan fortfarande vara lika stor som, eller större än, i naturligt uran.

Det resterande uranet är därmed fortfarande en potentiellt värdefull råvara. Dessutom finns det en del plutonium som kan ersätta uran-235 i nytt bränsle.

Det kan alltså finnas incitament att **upparbeta** det använda bränslet, dvs att kemiskt separera de tre komponenterna uran, plutonium och klyvningsprodukter.

Eftersom olika isotoper av samma grundämne är kemiskt lika, kommer uranfraktionen nu också att innehålla uran-236.

Det separerade uranet matas tillbaka till anrikningsanläggningen för att återställa den förhöjda halten uran-235. Det har tydligen ibland varit praxis att blanda det upparbetade uranet med "jungfruligt" uran.

Uran-236 kommer nu till en mindre del att återfinnas i det utarmade resturanet, men bidrar obetydligt till dess aktivitet.

Att även spår av plutonium har hittats visar att den kemiska separationen inte varit hundra procentigt effektiv.

Plutonium avger samma slags strålning som uranisotoperna. Enligt pressmeddelande från FNs miljöskyddsorgan UNEP

(16 febr 2001) var den uppmätta plutoniumaktiviteten i utarmat uran från Kosovo mellan 0,8 och 12,9 Bq per kg, dvs mindre än en miljondel av aktiviteten från själva uranet (jfr sid 2).

Plutonet är således i detta sammanhang helt betydelselöst, trots att dess radiologiska farlighet (effektiv dos per Bq) kan vara 100 gånger högre än uranets.

Användning av utarmat uran

Uran är det tyngsta naturligt förekommande grundämnet, med en täthet på 19 g per cm³, vilket gör det attraktivt för vissa speciella ändamål.

Att man valt att använda utarmat i stället för naturligt uran beror på att det är en billig biprodukt. Civila användningsområden är som stabiliserande vikter i flygplan och båtkölar och som strålskärmar kring sjukhusens bestrålningsanläggningar.

Under 1990-talet har utarmat uran utnyttjats på flera krigsskådeplatser i **pansarbrytande ammunition och missiler**.

Den användning som först blev känd var i Gulfkriget 1990, och därefter i Bosnien 1994-95 och i Kosovo 1999.

Spridningsvägar till människan

Om en projektil med metalliskt uran träffar ett hårt föremål, upphettas och splittras den.

Eftersom uran är lättoxiderat och pyrofort, är sannolikheten stor att det antänds vid nedslaget och bildar ett fint stoft av i huvudsak svåröslig uranoxid som är luftburet (aerosol) och således tillgängligt för inandning.

Då aerosolpartiklarna är tunga, sjunker de snabbt till marken och blir kvar i närheten av nedslagsplatsen: man räknar med en förorenad yta på ca 1 000 m². Ytan kan dock variera, beroende på meteorologiska förhållanden och lokala faktorer vid beskjutningen.

Det stoft som hamnat på marken kan under vissa omständigheter åter virvlas upp (resuspenderas). Risken för detta minskar vid regn och genom att de fina stoftkornen binds vid större markpartiklar.

I princip kan det nedfallna uranet också nå människan via växter och betesdjur. Alla dessa processer är beroende av de lokala förhållandena, som markbeskaffenhet och väder. Studier i samband med testskjutningar i USA tyder på att omsättningen på dessa vägar är låg [1].

En viktig riskbegränsande faktor är att den förorenade ytan kring nedslagsplatsen ofta är liten: långa uppehållstider för människor och djur blir mindre troliga, och vid behov kan ytan saneras eller undantas från livsmedelsproduktion.

Även om det således inte går att generellt uttala sig om exponeringen i alla situationer, har det gjorts kvantitativa beräkningar på representativa förhållanden ("scenarier"), baserade på konservativa antaganden [1].

En slutsats blir att de som kan löpa någon betydande risk är människor som befinner sig i **omedelbar närhet vid nedslaget**. För dessa torde dock annat än uranet dominera riskbilden.

Upptag i kroppen

Vad som sker med aerosolpartiklar som inandats är beroende av partiklarnas storlek. Större partiklar fastnar i det slemskikt

som med hjälp av flimmerhår rensas ut från de övre luftvägarna och i huvudsak sväljs.

Bara en bråkdel av partiklarna är tillräckligt små för att nå lungblåsorna där de kan bli kvar en längre tid om uranet är i svåröslig form. Detta bedöms vara den upptagsväg som ger den största stråldosen. (I lättöslig form kan uranet överföras från lungorna till blodet och lymfan, se nedan.)

Vid förtäring passerar det mesta av uranet mag-tarmkanalen och utsöndras via avföringen - bara någon procent tas upp i blodet genom tarmen.

Ca 80 % av det upptagna uranet avsätts i **skelettet**, och då i **benytorna**. Från de inre benytorna (endostet) kan alfastrålningen nå benmärgen [2, 4]. Uranet försvinner från skelettet med en "biologisk halveringstid" på ca ett år [1, 2].

De återstående 20 procenten av det uran som lösts i blodet passerar **njurarna** för att successivt utsöndras via urinen. Njurarna utsätts härvid för uranets kemiska giftverkan.

Det är detta som bestämmer de hygieniska gränsvärdena för uran i luft och föda [2].

Hälsoeffekter

De modellberäkningar som gjorts tyder på att stråldoserna från pansarbrytande stridsspetsar i de flesta scenarier är av samma storleksordning som, eller lägre än, de naturligt förekommande stråldoserna och deras geografiska variation. Några hälsoeffekter från sådana doser har aldrig kunnat påvisas.

Dessa slutsatser stöds av de epidemiologiska studier och djurförsök med avseende på naturligt uran som nämnts inledningsvis.

Djurförsök

I Sverige undersökte Försvarets forskningsanstalt redan på 70-talet uranets omsättning och giftverkan, bl a genom försök på olika djurslag [4].

Att överhuvudtaget åstadkomma mätbara upptag av uran var svårt, och att framkalla skador erfordrade metoder utan praktisk motsvarighet, tex direkt intravenös injicering av stora mängder lösligt uran, som gav njurpåverkan.

Den insöndring som kunde åstadkommas från uran i lungorna eller mag-tarmkanalen räckte inte för att ge påvisbara skador.

Uranbrytning

Brytning av uranmalm i underjordiska gruvor har pågått sedan 1800-talet, och ofta under yrkeshygieniskt oacceptabla förhållanden. I dåligt ventilerade gruvor var långvarig inandning av urandamm tidigare vanlig.

En klar överdödlighet i lungcancer bland de utsatta gruvarbetarna har påvisats, men den har kunnat knytas till höga halter

av radongas. Någon överfrekvens av leukemi eller skelett-cancer har inte konstaterats.

Epidemiologiska studier i USA och Storbritannien har omfattat 32 000 arbetare i kärnteknisk verksamhet som varit utsatta för uran under tiden 1943 - 86. Njurproblem var den enda hälsoeffekt som kunde sättas i samband uranexponeringen.

Frekvensen av leukemi och annan cancer var lägre än i normalbefolkningen [5]. I en befolkningsgrupp i Kanada som haft extremt höga naturliga halter av uran i sitt dricksvatten har man likaledes som enda hälsoeffekt konstaterat vissa njurförändringar, som tros kunna vara reversibla [1].

Gulfkriget

I Kuwait tillsatte hälsoministeriet en expertgrupp under ledning av den polske professorn T. Polanski för att kartlägga hälsoskador från de ca 100 000 stridspetsar med utarmat uran som slog ner i landet under Gulfkriget.

Polanski har rapporterat att ingen ökning av leukemi eller annan cancer kunnat förknippas med uranet fram till 1998 [5].

Balkan

Den nu aktuella debatten om användningen av stridspetsar med utarmat uran har sin upprinnelse i olika uppgifter om ökad cancerfrekvens, särskilt leukemi, bland de internationella insatsstyrkorna på Balkan.

Dessa uppgifter har inte verifierats och har i vissa fall t o m vederlagts [5]. Även om de skulle stämma, måste man söka efter andra orsaker än det utarmade uranet: utöver vad som framförts ovan gäller för Kosovo att den tid som förflutit mellan spridningen av DU och de första uppgifterna om ökad leukemi är alldeles för kort för att ett orsakssamband skulle vara möjligt.

Evelyn Sokolowski

Källor

1. Huvudkälla har varit UNEP/UNCHS Balkan Task Force: "*The potential effects on human health and the environment arising from possible use of depleted uranium during the 1999 Kosovo conflict. A preliminary assessment*". (Huvudförf. Jan Olof Snihs och Gustav Åkerblom, Statens strålskyddsinstitut, oktober 1999.)
2. Doc. Robert Hedvall, strålskyddsansvarig, Studsvik Nuclear. Personligt meddelande, januari 2001.
3. Björn Sandström & Kenneth Lindström: "*Utarmat uran - en introduktion*". Försvarets forskningsanstalt, FOA-R-00-01652-861-SE, november 2000.
4. Prof. Gunnar Walinder, f d chef för Enheten för experimentell patologi och riskforskning, SLU. Personligt meddelande, januari 2001.
5. Prof. Zbigniew Jaworowski, Central Laboratory for Radiation Protection, Warszawa. Internet-PM: "*Medical effects of depleted uranium in Kosovo*", januari 2001