

# Helseeffekter ved bruk av utarmet uran i Kosovo-konflikten

*Tonje Sekse  
Tone D. Bergan  
Tor Wøhni  
Sverre Hornkjøl  
Tore Tynes*

*Referanse:*

Sekse Tonje, Bergan Tone D., Wøhni Tor, Hornkjøl Sverre, Tynes Tore:  
Helseeffekter ved bruk av utarmet uran. StrålevernRapport 2001:X. Østerås:  
Statens strålevern, 2001.

*Emneord:*

Vurdering av helseeffekter ved bruk av utarmet uran som ammunisjon i Kosovo konflikten.

*Resymé:*

Sammenfatning av internasjonale rapporter, undersøkelser, måledata og analyser.  
Faglig vurdering av helseeffekter. Anbefalte tiltak.

*Reference:*

Sekse Tonje, Bergan Tone D., Wøhni Tor, Hornkjøl Sverre, Tynes Tore:  
Helseeffekter ved bruk av utarmet uran. StrålevernRapport 2001:X. Østerås  
Norwegian Radiation Protection Authority, 2001. Language: Norwegian.

*Key Word:*

Assesment of health effects with use of depleted uranium in the Kosovo conflict.

*Abstract:*

Summary of international reports, investigations, measuring characteristics and analysis. Professional assessments of health effects. Recommended initiatives.

Prosjektleder: Tone D. Bergan

*Godkjent:*



Per Strand, avdelingsdirektør, Avdeling Beredskap og Miljø

32 sider.

Utgitt 2001-10-10.

Opplag 300.

Form, omslag: Graf, Oslo.

Trykk: Copyshop AS, Sandvika.

*Bestilles fra:*

Statens strålevern, Postboks 55, 1332 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefax 67 14 74 07.

[www.nrpa.no](http://www.nrpa.no)

ISSN 0804-4910

### ***Sammendrag***

Militær anvendelse av såkalt utarmet uran, spesielt i panserbrytende ammunisjon, har fått stor oppmerksomhet i den senere tid. Det har vært stilt spørsmål ved en eventuell sammenheng mellom en rekke forskjellige skader og sykdommer som personell skal ha pådratt seg under oppdrag i områder der slik ammunisjon har vært anvendt. Fagfolk med kompetanse på stråling og strålerelaterte skader har ikke kunnet påvise at utarmet uran skulle gi slike virkninger.

Statens strålevern har ikke selv gjort undersøkelser i Kosovo. Strålevernet har fått tilgang på svært begrensede måleresultater fra NILU (luftfiltermålinger) og FO (geigertellermålinger). Statens strålevern sine vurderinger er derfor basert på både internasjonale undersøkelser og måledata fra Forsvaret og NILU i de aktuelle områdene.

Nyere internasjonale undersøkelser, blant annet rapporter fra UNEP, WHO og EU, konkluderer med at bruken av utarmet uran har liten helsemessig betydning, men at forurensingen av miljøet kan være langvarig. Dette får konsekvenser for befolkningen og bør tas hensyn til. Strålevernet støtter disse vurderingene, og de anbefalinger som gis.

### ***Vårt mandat***

I brev, datert 24.01.2001, fra Forsvarets overkommando, Sanitetsstaben, ble Statens strålevern bedt om å sammenfatte eksisterende måledata/analyser, og foreta en faglig vurdering av utførte målinger med hensyn på bruk av utarmet uran i Kosovo-konflikten. Samtidig ble Strålevernet bedt om å komme med anbefalinger når det gjelder eventuelle behov for nye undersøkelser av strålemiljøet.

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>5</b>
1.1	Egenskaper .....	5
1.2	Uran i kroppen .....	6
1.3	Stråling fra uran .....	6
<b>2</b>	<b>Situasjonsbeskrivelse</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Internasjonale undersøkelser</b> .....	<b>9</b>
3.1	UNEP .....	9
3.2	WHO .....	11
3.3	EU .....	13
<b>4</b>	<b>Hva er gjort i norsk sektor i Kosovo</b> .....	<b>14</b>
4.1	FO-rapport .....	14
	4.1.1 Målinger med geigerteller .....	14
	4.1.2 Persondosimetre .....	14
	4.1.3 Helseundersøkelse .....	14
4.2	Analyser av luftfiltre ved NILU .....	15
4.3	Urinprøver .....	15
<b>5</b>	<b>Annen tilgjengelig informasjon</b> .....	<b>16</b>
5.1	Dosegrenser og beregninger (ICRP) .....	16
5.2	Undersøkelse av uran i urin .....	16
	5.2.1 Internasjonale undersøkelser .....	16
	5.2.2 Målemetode .....	17
5.3	Rapport fra Flymedisinsk Institutt .....	17
5.4	Rapport fra Forsvarets Forskningsinstitutt .....	18
<b>6</b>	<b>Kunnskapshull: Hva vet vi for lite om?</b> .....	<b>19</b>
6.1	Grunnvannsundersøkelser .....	19
6.2	Stasjonær luftsuger .....	19
6.3	Urinundersøkelser .....	19
6.4	Irak .....	19
<b>7</b>	<b>Konklusjoner og tiltak som anbefales av Statens strålevern</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Generell bakgrunns litteratur</b> .....	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Appendix</b> .....	<b>25</b>
A.	Decayskjema for $^{235}\text{U}$ og $^{238}\text{U}$ .....	26
B.	Koordinater fra Nato .....	27
C.	Måledata fra NILU .....	29
D.	Dosegrenser og beregninger (ICRP) .....	31

# 1 Bakgrunn

I naturen finner vi tre isotoper av uran, U-234 (0,0053%), U-235 (0,71%) og U-238 (99,285%). For kjernekraftformål og atomvåpenformål er det U-235 som er interessant, og uranet kjøres derfor gjennom en anrikingsprosess for å øke konsentrasjonen av U-235. Restproduktet kalles utarmet uran og består av U-234 (0,001%), U-235 (ca. 0,2%) og U-238 (99,8%). Dette er nokså lite radioaktivt (ca. 60% i forhold til naturlig uran) og den største risikoen er den kjemiske giftigheten, som kan sammenlignes med giftigheten i for eksempel kadmium eller bly.

Det er imidlertid bekreftet av UNEP (United Nations Environment Programme) at det utarmede uranet brukt i Kosovo inneholdt spor av isotopene U-236 og Pu-239/240 som ikke finnes i naturen. Dette betyr at det utarmede uranet som har vært brukt som ammunisjon har vært bestrålt i en reaktor før det gjennomgikk anrikingsprosessen. Ingenting tyder på at dette har noen vesentlig betydning for strålingsforholdene, men usikkerheten rundt dette blir større. Slikt uran kan også inneholde spor av andre stoffer fra reaktoren.

**Tabell 1. Oversikt over sammensetning av uranisotoper i naturlig og behandlet uran, samt Pu-239.**

Type uran	U-232	U-233	U-234	U-235	U-236	U-238	Pu-239
	%	%	%	%	%	%	%
Naturlig uran			0,0053	0,71		99,285	
Utarmet uran			0,0009	0,2		99,799	
Anriket naturlig uran			0,02884	3,5		96,471	
Bestrålt repressert <sup>1</sup> uran	1,9 ppb <sup>2</sup>	2,6 ppb	0,0184	0,846	0,472	98,664	5 ppb
Utarmet bestrålt uran			0,002	0,2	0,227	99,571	0,01 ppb
Anriket bestrålt uran	10 ppb	15 ppb	0,0928	3,82	1,602	94,485	

## 1.1 Egenskaper

Utarmet uran har samme kjemiske, fysiske og toksiske egenskaper som naturlig uran:

- Små partikler av metallisk uran antennes lett og produserer oksider. Utarmet uran er brennbar i finfordelt form, hvilket gir en kraftig brann inne i for eksempel en truffet stridsvogn. Ved en slik brann dannes støv av uranoksider. Dette støvet kan innåndes ved opphold i det området der støvet ligger, for eksempel inni og umiddelbart utenfor en ødelagt stridsvogn.
- Utarmet uran anvendes for sivile formål i skjermingsbeholdere for radioaktive kilder og blant annet i balansevekter i fly.
- Utarmet uran brukes også som metall eller legeringer med høy tetthet.

<sup>1</sup> Gjenvunnet uran

<sup>2</sup> Parts per billion - milliarddeler

- I lave konsentrasjoner brukes utarmet uran i fremstilling av porselen, glass og katalysatorer.
- Utarmet uran kan også brukes i panserbrytende ammunisjon, rakettvåpen og prosjektiler på grunn av sin høye tetthet, ( $19 \text{ g/cm}^3$ , vesentlig høyere tetthet enn bly) smeltepunkt og tilgjengelighet.
- Utarmet uran er et avfallsprodukt som det er overflod av, og av den grunn er metallet billig å bruke.

## 1.2 Uran i kroppen

Uran kan komme inn i kroppen gjennom huden, lungene eller ved inntak av mat/drikke. Når uran kommer inn i sirkulasjonssystemet vil stoffet bli fordelt i hele kroppen, og kan da bli absorbert på overflaten av bein, og bli akkumulert eller utskilt gjennom nyrene. Mesteparten av uranet,  $> 95 \%$ , som kommer inn i kroppen ved oralt inntak vil skilles ut gjennom avføring.  $0,2\text{-}2 \%$  av uran inntatt gjennom mat og vann vil bli tatt opp av tarmen. Av uranet som kommer inn i blodet vil omtrent  $67 \%$  bli filtrert av nyrene og skilt ut i urinen innen 24 timer. Totalt vil ca.  $90 \%$  av det absorberte uranet bli skilt ut av nyrene, mens det resterende hovedsakelig deponeres i skjelettet, noe også i nyrene, leveren og musklene, med en biologisk halveringstid på 300 dager. Mer detaljert beskrivelse kan finnes i ICRP 69 [1].

Ved innånding av uranoksidstøv er opptaket avhengig av støvpartiklenes størrelse og kjemiske sammensetning. Større partikler fjernes via slim som svelges og forlater deretter kroppen. Mindre partikler blir værende i lungene i lengre tid. Fordi  $90\%$  av det løselige uranet utskilles via nyrene, er dette organet det mest utsatte sett fra et biokjemisk/toksisk synspunkt. Målinger på urin er også den beste måten å oppdage forhøyede inntak av uran.

Deponering av utarmet uran i respirasjonssystemet etter inhalasjon og videre opptak til organer i kroppen kan bli vurdert ved:

- Måling av ekstern stråling fra utarmet uran i brystet
- Analyse av utarmet uran utskilt i urin
- Analyse av utarmet uran utskilt i avføring

Utarmet uran inntatt oralt kan bli vurdert ved analyser av urin og avføring.

På huden kan utarmet uran bli målt direkte i sår, og opptak kan bli vurdert ut ifra målinger på utskillelse fra sår.

## 1.3 Stråling fra uran

Den primære strålingstype fra uran/utarmet uran er  $\alpha$ -stråling. Det er også noe  $\beta$ -stråling, mens  $\gamma$ -stråling så å si er fraværende i utarmet uran. Forskjellen på de forskjellige stråletypene:

- $\alpha$ -stråling: har liten gjennomtrengende evne, og stoppes av klær og hud. Stoff som utstråler  $\alpha$ -stråling utgjør en risiko dersom de kommer inn i kroppen.
- $\beta$ -stråling: har liten gjennomtrengende evne, ca 1 cm inn i kroppen. Strålingen stoppes av tynne lag av metall/plast. Stoff som utstråler  $\beta$ -stråling utgjør en risiko dersom de kommer inn i kroppen.

$\gamma$ -stråling: har høy gjennomtrengingsevne, og kan gå tvers gjennom kroppen. Disse strålene skjermes best av materialer med høy tetthet, som for eksempel utarmet uran.

Decayskjema [2] for  $^{235}\text{U}$  og  $^{238}\text{U}$  er vedlagt i Appendix A.

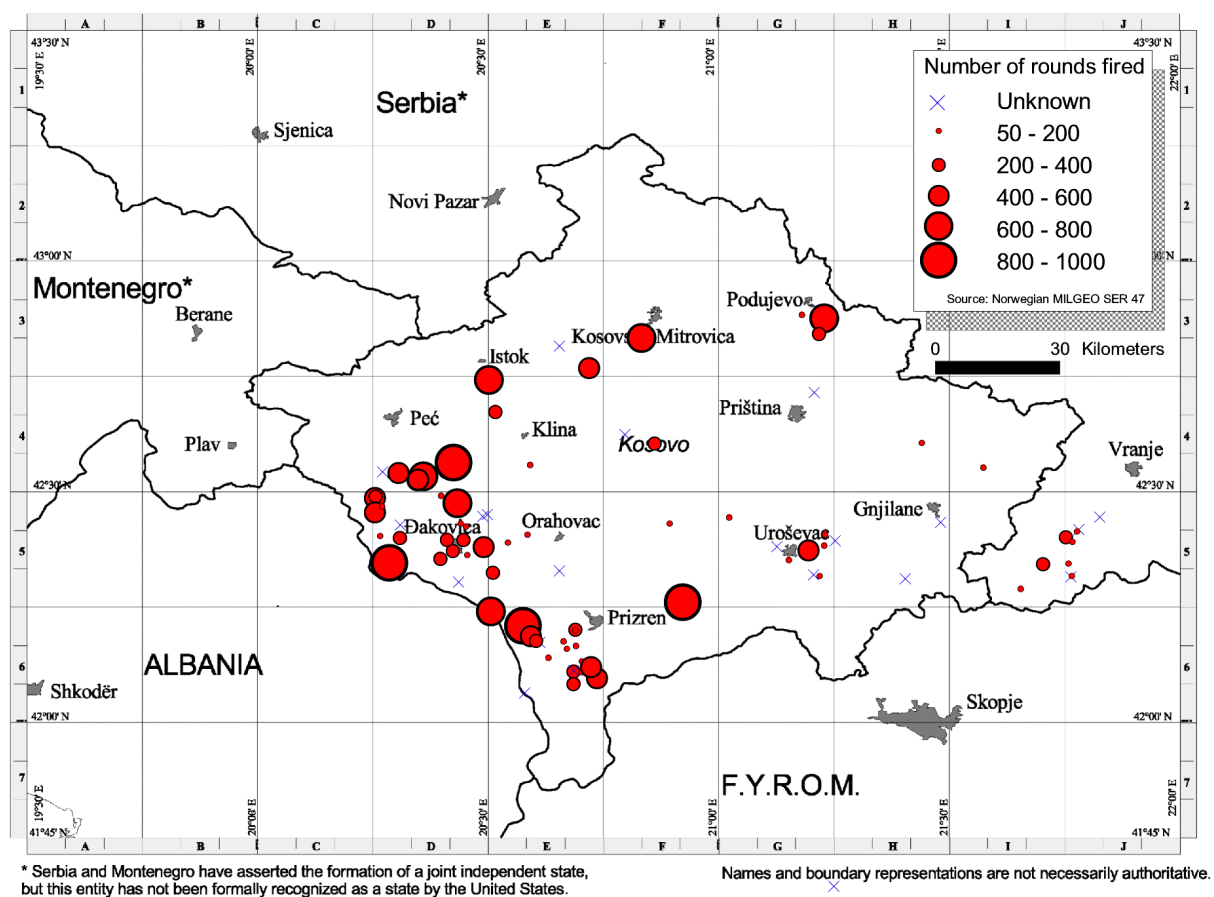
## 2 Situasjonsbeskrivelse

NATOs ”Operation Allied Force” i Kosovo varte fra 26. mars til 10. juni 1999.

Under konflikten ble blant annet utarmet uran brukt i ammunisjon. Totalt ble det skutt 31000 prosjektiler med utarmet uran. Hvert prosjektil inneholder omtrent 300 gram utarmet uran. Totalt utgjør dette ca 10 tonn.

Figur 1 viser et oversiktskart over Kosovo, merket med koordinater (vedlagt i appendix B) fra Nato, som viser hvor utarmet uran er brukt som ammunisjon. Det angis også antall avfyrte skudd.

De norske soldatene som er stasjonert i Kosovo (2001) befinner seg i områdene rundt Pristina og Skopje.



Figur 1. Kart merket med hvor ammunisjon som inneholder utarmet uran er brukt i ”Operation Allied Force” i Kosovo våren 1999.



### 3 Internasjonale undersøkelser

#### 3.1 UNEP

Ved arbeidet med vurderingen av miljøet på Balkan sommeren 1999 var utarmet uran et av temaene som kom opp. Etter anmodning fra FNs generalsekretær, Kofi Annan, i oktober 1999, bekreftet NATO (North Atlantic Treaty Organization) i februar 2000 bruk av utarmet uran i Kosovo konflikten. I juli 2000 overleverte NATO til FN et detaljert kart med koordinater for hvert av de 112 angrepene der det ble brukt ammunisjon som inneholdt utarmet uran. Koordinatene er vedlagt i appendix B, og lagt inn på kart i figur 1.

Som en del av UNEP/UNCHS Balkans Task Force prosess ble en internasjonal ekspertgruppe, "The Depleted Uranium Desk Assessment Group" etablert for å vurdere potensielle effekter på menneskets helse og miljøet fra bruk av utarmet uran. Ekspertgruppen, en internasjonal delegasjon satt sammen av 14 eksperter fra statlige myndigheter, kjente institusjoner og andre interessenter, gjorde i tidsrommet 5.-19. november 2000 en undersøkelse i Kosovo i samarbeid med NATO, KFOR (NATO Kosovo Force) og UNMIK (United Nations Interim Administration Mission in Kosovo). Prøver av jord, vann og annet ble samlet inn for radiologiske og toksiske analyser.

På bakgrunn av disse undersøkelsene har UNEP utarbeidet en omfattende rapport om bruken av utarmet og reprocessert uran. Konklusjonene fra UNEP-rapporten [3] er oppsummert her:

- Det er ikke påvist spredt forurensing av utarmet uran på jordoverflaten. Dette betyr at dersom det er noe forurensing av utarmet uran er dette i så små mengder at det ikke kan skilles fra den naturlige uranforekomsten i berg og jord. Det vil si at den radiologiske og toksikologiske risikoen er ubetydelig.
- Målbar overflateforurensing av utarmet uran er begrenset til områder innenfor et par meter fra panserbrytende prosjektiler og lokaliserte forurensingspunkter forårsaket av treff fra panserbrytende prosjektiler. Hoveddelen av radioaktiviteten er festet til omsluttende asfalt, betong eller jord. Noe er også festet i løs sand i inntrengingshullet. Mange steder var radioaktiviteten så lav at den knapt var påviselig.
- Det er ikke forbundet noen risiko med disse forurensingspunktene når det gjelder mulig forurensing av luft, vann eller planter. Den eneste risikoen som vil ha noen betydning er om noen rører forurensingspunktet med hendene, eller inntar den forurensede jorden. Det antas at den radiologiske risikoen vil være ubetydelig, mens fra et toksikologisk syn vil inntaket være litt høyere enn den anvendte helsestandarden fra WHO.
- Det er ikke påvist noe forurensing av utarmet uran i vann, melk, objekter eller bygninger.
- 7 ½ panserbrytende prosjektiler og 6 tilhørende omslag ble funnet i løpet av en 2 ukers periode. Det kan være flere grunner til at ikke flere ble funnet. De kan ha blitt begravd i jorden, spredt over et større område enn antatt, eller de kan allerede ha blitt plukket opp.

- Sannsynligvis ligger det flere panserbrytende prosjektiler på bakken. Dersom de blir plukket opp kan de forurene hendene. Både den radiologiske og toksikologiske risikoen er antatt å ha liten betydning.
- Dersom et panserbrytende prosjektil puttes i lommen, eller nær kroppen vil huden få ekstern beta stråling. Etter uker med kontinuerlig bestråling kan man nå opp i stråledoser over sikkerhetsstandardene, men det er liten sannsynlighet for at man vil få skadelige effekter av en slik eksponering.
- Panserbrytende prosjektiler oksideres og det ytre laget kan lett fjernes og dermed forurene omgivelsene.
- Det er sannsynlig at mange panserbrytende prosjektiler og omslag er skjult på noen meters dyp i bakken. Disse utgjør en risiko for fremtidig forurensing av grunnvann og drikkevann. Omfattende avfyring av utarmet uran i et område kan øke den potensielle kilden for uranforurensing av grunnvannet med en faktor 10 til 100. Selv om beregnede stråledoser er lave, kan urankonsentrasjonene i grunnvannet overstige WHO's helsestandarder for drikkevann.
- Det er for mange usikkerheter forbundet med å anslå nivåer for forurensing av grunnvann med pålitelighet. Det kunne vært nyttig å foreta en undersøkelse av områder der utarmet uran har blitt brukt tidligere, for eksempel i Bosnia-Hercegovina hvor utarmet uran har vært i miljøet i 5-6 år.
- Skjulte panserbrytende prosjektiler og omslag kan bli gravd opp til overflaten i fremtiden. Risikoen er lik som for det som ligger på overflaten i dag.
- Isotopene U-236 og Pu-239/240 var til stede i små konsentrasjoner i de panserbrytende prosjektiler som har blitt analysert. Dette representerer ikke noen betydelig risiko.
- Tegn tyder på at plantemateriale som lav og bark er gode indikatorer på utarmet uran i miljøet. Dette må undersøkes nærmere.
- Stedene UNEPs delegasjon har besøkt representerer 12 % av alle steder angrepet med utarmet uran i løpet av Kosovo konflikten. På bakgrunn av delegasjonens funn er det mulig å gjøre antydninger om andre berørte områder i Kosovo, Serbia og Montenegro med like omgivelser og miljøforhold. Mer arbeid må gjøres før slike antydninger kan betraktes som gyldige.

#### Anbefalinger fra UNEP:

- Myndighetene bør undersøke berørte områder, og merke av områder forurenset med utarmet uran.
- Panserbrytende prosjektiler og omslag bør samles opp fra bakken, og håndteres forsvarlig.
- Forurensede steder bør ryddes, særlig i nærheten av bebodde områder (kan dekkes av betong o.l).
- Grunnvann som brukes til drikkevann bør kontrolleres for forurensing av utarmet uran.

- Ved analyse av panserbrytende prosjektiler må det også tas hensyn til transurane<sup>3</sup> elementer.
- Det bør gis informasjon til lokalbefolkningen om hvordan håndtere materiale som kan være forurenset av utarmet uran.

### 3.2 WHO

I slutten av 1999 erkjente WHO (World Health Organization) at det var behov for en uavhengig gjennomgang av vitenskapelig litteratur for å vurdere helserisiko i forbindelse med eksponering for utarmet uran. Professor Barry Smith fra British Geological Survey ble hyret for å samle litteraturen som burde gjennomgås. Det ble nedsatt en WHO-gruppe. Gruppen avga sin rapport i april 2001. Flere internasjonale organisasjoner har bidratt med materiale. Disse var National Radiological Board (NRPB) i Storbritannia, National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) av Center for Disease Control (CDC) i USA, Centre for Health Promotion and Preventative Medicine (CHPPM) i USA, the International Atomic Energy Agency (IAEA) og International Commission on Radiological Protection (ICRP).

Målet med rapporten [4] har vært å vurdere helserisiko i forbindelse med eksponering for utarmet uran. Rapporten er ment å være en referanse med informasjon og anbefalinger til medlemstater av WHO slik at de kan håndtere spørsmål om utarmet uran på en egnet måte.

WHO har vurdert potensielle inntaksveier og anser de følgende som viktige for inntak av uran:

**Inhalasjon:** Mest sannsynlig ved bruk av utarmet uran i ammunisjon, eller når utarmet uran blir virvlet opp i luften av vind, trafikk, og lignende. Mengden som tas opp i blodet vil avhenge av størrelsen og den kjemiske formen på partiklene. De minste, mindre enn 10 µm, og biologisk løselige vil lettest tas opp i blodet.

**Oralt inntak:** Ved forurensing av mat og drikkevann. 0,2 -2 % vil tas opp av tarmen. Resten vil skilles ut gjennom avføring.

**Hudkontakt:** Lite sannsynlig. Sannsynligheten er større dersom personene har åpne sår.

Hovedkonklusjoner fra WHO:

- Allmenhetens inntak av lettløselige forbindelser av utarmet uran burde baseres på en TI<sup>4</sup> verdi på 0,5 µg/kg kroppsvekt per dag, og for tungtløselige forbindelser på en TI verdi på 5 µg/kg kroppsvekt per dag.
- En TI-verdi lik 0,5 µg/kg kroppsvekt per dag fra inhalasjon av lettløselige forbindelser av utarmet uran, tilsvarer en luftkonsentrasjon på 1 µg/m<sup>3</sup>. For tungtløselige forbindelser vil denne luftkonsentrasjonen tilsvare årstdosegrensen for allmenheten på 1 mSv/år.

<sup>3</sup> Et kunstig laget, radioaktivt element som har høyere atomnummer enn uran i den Periodiske Tabell over elementene. Dette inkluderer neptunium, plutonium, americium etc.

<sup>4</sup> Tolerable Intake

- For arbeidtakere gjelder en grense (tidsgjennomsnitt) for luftkonsentrasjon på 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for såvel lettløselige som tungløselige forbindelser.
- Under de fleste forhold vil bruk av utarmet uran gi et ubetydelig bidrag til den naturlige bakgrunnstrålingen fra uran i miljøet. Men nivået av utarmet uran kan bli signifikant hevet i områder som har blitt forurenset med utarmet uran.
- Størst potensial for eksponering for utarmet uran er det i områder der utarmet uran blir brukt som ammunisjon. Folk som lever i området, og som inhalerer støv og konsumerer forurenset mat og drikkevann er utsatt. Målinger av utarmet uran i konfliktområder indikerer bare lokaliserte forurensete steder, men nivået av utarmet uran i mat og drikkevann kan stige etter noen år. Dette nivået bør kontrollmåles der det er mulig at signifikante mengder av utarmet uran kan nå grunnvannet eller næringskjeden.
- I områder der det fremdeles ligger radioaktive prosjektiler og eksperter anser forureningsnivået av utarmet uran for å være for høyt, bør opprydingsaksjoner gjennomføres dersom mulig. Dersom konsentrasjonene av støv og metall biter av utarmet uran er svært høye bør området sperres av inntil opprydning kan bli gjennomført.
- Barn er mer eksponert for utarmet uran når de leker i forurensete områder, på grunn av inntak av jord.
- Det anbefales ikke generell screening for helseeffekter relatert til bruk av utarmet uran i befolkningen som lever i konfliktområder der utarmet uran har blitt brukt som ammunisjon. Enkelt individer som mener de har fått et høyt inntak av utarmet uran skal konsultere sin egen lege for undersøkelse.
- Siden utarmet uran er et radioaktivt metall er det restriksjoner på overdragelse av utarmet uran. Det er mulighet for at skrapmetall av utarmet uran kan bli blandet med annet skrapmetall for bruk i refabrikerte/resirkulerte produkter. Utarmet uran er et selvantennende metall som kan produsere oksider som kan bli inhalert ved varme/sveising.

#### Behov for forskning:

- Det er behov for å gjennomføre studier for å klargjøre om det eksisterer en grenseverdi (kjemisk giftighet) for nyreskade for folk som er eksponert for utarmet uran.
- WHO fortsetter å studere effektene av eksponering ved lave doser ioniserende stråling, for å vurdere den vitenskapelige basis for helserisiko for vurderinger og strålevern.
- Det blir gjennomført studier for bedre å kunne vurdere eksponering for utarmet uran hos barn.
- Det trengs studier for å bekrefte overføringskoeffisienter for sammensetninger av utarmet uran som går inn i den menneskelige næringskjeden.
- Det er mangel på informasjon om mulige biologiske virkninger av uran eller utarmet uran når det gjelder: neurotoksisitet, forplantning og utvikling, opptak av utarmet uran i beinmargen og genskader.
- Studier av kjemisk og fysisk form av utarmet uran, fysiologisk respons, utskillelse, og miljø-syklus av spesifikke former av uran fra ulike industrielle og militære kilder. Oppmerksomheten bør særlig rettes mot der hoveddelen av utarmet uran ender opp.

### 3.3 EU

EU har et ansvar i henhold til Euratom Treaty når det gjelder helsefare i forbindelse med ioniserende stråling. I etterkant av Kosovo-konflikten satte den Europeiske kommisjon ned en arbeidsgruppe av uavhengige vitenskapelige eksperter. Gruppens oppgave er å gi veiledning for strålevern når det gjelder ioniserende stråling i Kosovo, både yrkesmessig og for publikum generelt. Kommisjonen har også samarbeidet med andre internasjonale organisasjoner som IAEA, UNEP, WHO og NATO.

Hovedkonklusjoner fra EUs rapport [5]:

- Etter vurdering av mulig eksponering fra utarmet uran er det konkludert med at utarmet uran ikke kan resultere i skadelig stråling, med unntak av granatsplinter av utarmet uran som sitter i kroppen.
- Avsettelse av utarmet uran på vegetasjonen representerer en potensiell risiko for inntak av utarmet uran i næringskjeden. Risikoen avhenger av nedbørsmengden. Barn er mest utsatt fordi de kan spise forurenset jord, og ta seg til munnen med hendene etterpå. Det er også mulig at drikkevannet kan bli forurenset, særlig dersom store mengder med utarmet uran ligger begravd i jorda. Dette vil avhenge av løseligheten til uranet, surhetsgraden, de reduserende egenskapene til omgivelsene og hydrologiske særpreg. Testavfyring og deponering av ubrukt ammunisjon blir utført i havet. På grunn av en korrosjonsrate på rundt 1 mm/år [6], og sett i forhold til det store volumet sjøvann, forventes ingen detekterbare økninger i urankonsentrasjonen i sjøvannet eller fauna.
- Ifølge eksperter kan ingen brukbare retningslinjer gis når det gjelder monitorering av enkeltpersoner ved inkorporering av utarmet uran uten å vite den spesifikke eksponeringssituasjonen. Generelt vil det være mer hensiktsmessig å overvåke miljøet enn enkeltpersoner. Likevel vil overvåkning av enkeltpersoner være nyttig og beroligende for å få bekreftet at de ikke er eksponert for utarmet uran.
- Eksperter konkluderer med at det ikke kan bli gitt noe veiledning når det gjelder behovet for målinger spesifikt til en gitt situasjon. Generelle beskyttende målinger burde bli vurdert på basis av sunn fornuft som begrunnelse for å lett unngå eksponering. Spesifikt vern mot eksponering av utarmet uran burde bli foreslått av rådgivere innen strålevern med kunnskap om den lokale situasjonen.
- Eksperter ser ingen grunn til å endre tidligere retningslinjer gitt i BSS<sup>5</sup> med hensyn på utarmet uran, eller å innføre strengere krav i BSS for spesifikk bruk av utarmet uran.

---

<sup>5</sup> EUs Basic Safety Standard

## **4 Hva er gjort i norsk sektor i Kosovo**

### **4.1 FO-rapport**

På bakgrunn av usikkerheten rundt bruken av utarmet uran i Kosovo iverksatte Forsvarets Overkommando målinger og tiltak som beskrevet i FO-rapport [7]. En sammenfatning er gitt i dette kapitlet.

#### **4.1.1 Målinger med geigerteller**

Det er blitt foretatt målinger av strålenivået i de eksponerte områder, i områder der norsk personell ferdes til daglig, og i de norske leirene. Målingene ble utført med geigerteller.

Målingene avdekket ikke noe signifikant høyt strålenivå ut over bakgrunnsstrålingen i Kosovo.

#### **4.1.2 Persondosimetre**

I løpet av år 2000 gikk Forsvaret til innkjøp av persondosimetre. Disse ble tatt i bruk vinteren 2001. På sikt er planen at alt personell skal utstyres med persondosimetre.

Dosimeteret er et personbåret instrument som registrerer mottatt dose fra radioaktiv stråling. Dosimetrene måler  $\beta$ - og  $\gamma$ -stråling, men ikke  $\alpha$ -stråling, som er hovedbidragsyteren når det gjelder stråling fra uran. Bruken av persondosimetre kan dermed ikke bidra til å gi soldatene informasjon om eventuell eksponering for utarmet uran.

Grenseverdier, fastsatt av Strålevernet, for yrkeseksponert personell er 20 mSv/år. Til sammenligning er grenseverdien for den øvrige befolkningen 1 mSv/år. Soldater som tjenestegjør i de berørte områder må betraktes som yrkeseksponerte med en årlig dosegrense på 20 mSv/år.

Det norske medisinske apparatet i Kosovo fører statistikk over stråledosene personellet har mottatt. Inntil nå er det ikke registrert stråledoser over grenseverdien for yrkeseksponerte på 20 mSv/år. Det er heller ikke funnet signifikante forskjeller på stråledosene de forskjellige avdelingene har mottatt.

#### **4.1.3 Helseundersøkelse**

Forsvarets Overkommando, Sanitetsstaben, planlegger en stor helseundersøkelse av alle som er eller har vært i internasjonal tjeneste.

Det arbeides med å opprette et personellregister over mannskap som er eller har vært i internasjonal tjeneste. Dette registeret skal kobles mot helseregistre for å undersøke en eventuell overhyppighet av sykdom eller død.

En legeundersøkelse av personell skal være gjennomført i løpet av høsten 2001.

Et spørreskjema er blitt utarbeidet i samarbeid med Universitetet i Oslo. Spørreskjemaet ble utsendt sommeren 2001.

## **4.2 Analyser av luftfiltre ved NILU**

På oppdrag fra Distriktskommando Østlandet gjennomførte NILU fra november 1999 til over sommeren 2000 målinger av luftforurensingene i området ved og i den norske KFOR-leiren ved landsbyen Obiliq. Analysene av de utplasserte luftfiltrene ble utført av NILU. Resultatene viste at uraninnholdet i luften var på nivå med normale bakgrunnsverdier.

Resultatene er vedlagt i appendix C.

## **4.3 Urinprøver**

Det ble samlet inn urinprøver fra helikopterpersonell som reiste til Kosovo 15.03.01. Dette mannskapet skal være borte i 3 måneder. Nye urinprøver skal tas ved tilbakekomst. Det er ikke igangsatt noen rutinemessig undersøkelse av uran i urin hos øvrige personell.

Analysen av prøvene utføres av det svenske firmaet SGAB Analytica.

## **5 Annen tilgjengelig informasjon**

### **5.1 Dosegrenser og beregninger (ICRP)**

Soldater som tjenestegjør i de berørte områder må betraktes som yrkeseksponerte med en årlig dosegrense på 20 mSv/år. Den øvrige befolkningen bør ikke få en dose som overstiger 1 mSv/år.

Med yrkeseksponering menes generelt stråledoser mottatt i forbindelse med yrkesutøvelse, der bestrålingen med rimelighet kan sies å være virksomhetens eller arbeidsgivers ansvar.

Helserisiko ved utarmet uran er primært forbundet med inntak av stoffet, det vil si inntak gjennom munn og luftveier. Som ved all eksponering for ioniserende stråling er mulig helserisiko nøye forbundet med den absorberte stråledose (angitt i mSv), og all kvantifisering av strålerisiko gjøres indirekte ved å kvantifisere stråledosen.

Beregning av dosen ved inntak av radioaktive stoffer fordrer kjennskap til hvordan stoffene tas opp, distribueres og skilles ut fra kroppen. Dette avhenger av stoffenes kjemiske egenskaper, og ulike fysiologiske og biologiske prosesser i menneskekroppen. Den biokinetiske modellen for uran som anvendes internasjonalt i dag er beskrevet i ICRP (International Commission on Radiological Protection) 69 [1], fra 1995. Beregning av dosegrenser ut ifra denne modellen er vedlagt i appendix D.

Beregningene konkluderer med at et éngangsinntak tilsvarende dosegrensen på 20 mSv lett lar seg detektere 3 år etterpå ved moderne analysemetoder (ICP-MS), og selv inntak ned mot 1/10 av denne dosegrensen lar seg detektere.

### **5.2 Undersøkelse av uran i urin**

#### **5.2.1 Internasjonale undersøkelser**

En tysk undersøkelse [9] der totalt 122 soldater ble undersøkt konkluderer med at ingen av soldatene som hadde tjenestegjort i tysk kontrollområde av Kosovo har forhøyede nivåer av uran i urinen. Metoden som ble brukt ved analyse av prøvene var ICP-MS. Denne metoden er nærmere forklart i avsnitt 5.2.2.

Det ble tatt urinprøver på 100 ml hver. Disse ble som påkrevd surgjort, og sendt til analyse.

Et stort antall målinger basert på en kontrollgruppe av ikke eksponerte personer danner basisgrunnlag for å vurdere individuelle måleresultater. I undersøkelsen er målinger foretatt flere/to påfølgende dager. Man finner store forskjeller hos samme person, derfor er det nødvendig med mer enn en enkelt prøve. Noen av målingene viste også stigning fra før soldatene ble sendt til Kosovo, til under tjenesten i Kosovo. Det ble foretatt en statistisk analyse av disse målingene. Resultatet er at det ikke ble funnet noen signifikante forskjeller i utskillingsraten av uran i urinen hos soldatene sammenliknet med kontrollgruppen.

I Sverige tas det rutinemessig urinprøver av mannskap i internasjonal tjeneste før avreise og ved tilbakekomst.



### 5.2.2 Målemetode

Ved studier av menneskers eksponering for toksiske elementer i miljøet utgjør analyser av humanbiologisk materiale et supplement til analyser av luft, vann og andre miljøprøver. En fordel med biologisk monitorering er at resultatet gjenspeiler opptaket av stoffet i kroppen, noe som varierer fra person til person og over tid hos samme person. Det er vanligst å ta prøver av blod, plasma/serum og urin. Prøvetype avhenger av hvordan elementet metaboliseres i kroppen.

Totalt vil ca. 90 % av absorbert uran i kroppen bli skilt ut av nyrene og gå ut som urin. Ved måling av uran og dets isotoper tas derfor urinprøver.

SGAB Analytica [10] i Sverige står for analysen av urinprøver tatt av norsk helikopterpersonell. Teknikken som brukes er ICP-MS, som står for massespektrometri med induktivt koplet plasma. Plasmaen dannes av argongass som flyter gjennom et radiofrekvent område der den holdes i en delvis ionisert tilstand, dvs gassen består av en del elektrisk ladde partikler, ioner.

Plasmaet brukes her til å overføre grunnstoffene til ioner, som deretter separeres etter masse i et massespektrometer. Ionene detekteres ved at de utløser elektriske pulser når de treffer en detektor. Ved denne metoden kan de ulike grunnstoffene, og deres naturlige isotoper, i en prøve skilles ut og bestemmes. Med ICP-MS måles alltid grunnstoffenes ulike isotoper<sup>6</sup> separat.

### 5.3 Rapport fra Flymedisinsk Institutt

Ved helikopteroperasjoner blir støv og partikler fra det øverste jordmonnet virvlet opp. I områder der utarmet uran er brukt som ammunisjon er det usikkert hvilke helsemessige konsekvenser dette kan få. Ved å øke kunnskapen, skape kontroll og iverksette tiltakene, nærmere beskrevet under, mener FMI (Flymedisinsk Institutt) det vil skapes økt trygghet ved operasjoner i områder forurenset med utarmet uran. Ved ikke å innføre tiltak vil man ha liten kontroll over graden av eksponering personellet blir utsatt for, noe som kan resultere i overforsiktighet eller helseskade. Begge deler er negativt for avdelingens operativitet.

Hovedkonklusjoner fra rapporten [11] fra FMI:

Implementerte tiltak:

- Bruk av støvmasker
- Prøvetaking av urin av samtlige besetningsmedlemmer og teknisk relevant personell før avreise til Kosovo ble tatt vinteren 2001. Dette må følges opp med nye urinprøver ved tilbakekomst.

Anbefalte tiltak:

- Anskaffelse av kart over områder forurenset med utarmet uran
- Ledelsen bør før hver planlagte helikopteroperasjon konstantere om oppdraget er innenfor eller utenfor de identifiserte risikoområdene
- Utarbeidelse av prosedyrer for utføring av helikopteroperasjoner i de identifiserte risikoområdene
- Systematisk ”logge” samtlige flyoperasjoner i ”risikoområder”

---

<sup>6</sup> Atomer av samme grunnstoff, men med ulikt nøytroninnhold

- Med referanse til rapport fra FFI (Forsvarets Forskningsinstitut) 2001, anbefales det å sette en begrensning på 18 eksponeringer i året for besetningsmedlemmer i Bell 412 SP.
- Systematisk rengjøring av helikoptrene etter oppdrag i ”risikoområder”
- Fartøysjef bør til enhver tid utøve risikoreduserende tiltak i ”risikoområder”
- Oppfølging av urinprøver på relevant personell

#### **5.4 Rapport fra Forsvarets Forskningsinstitut**

Rapporten [12] konkluderer med at det er liten fare ved eksponering fra utarmet uran i forbindelse med helikopteroperasjoner. Rapporten bygger på tilgjengelige data og skjønn.

## 6 Kunnskapshull: Hva vet vi for lite om?

Det er skrevet en del artikler når det gjelder bruk av utarmet uran og mulige helseeffekter. Det er blant annet satt frem en del hypoteser om utarmet uran som årsak til Gulf-krig syndromet. Man har ikke kunnet påvise at det er utarmet uran som er årsaken til eventuell økning i helseskader.

Det er behov for mer kunnskap om urans virkning på flere områder. Disse er beskrevet i avsnittene under.

### 6.1 Grunnvannsundersøkelser

Ifølge UNEP er sannsynligheten stor for at prosjektiler og omslag av utarmet uran ligger begravd noen meter ned i bakken. Disse utgjør en fremtidig risiko for forurensing av grunnvann/drikkevann.

Det er fare for at WHO's helsestandarder [13] for uran i drikkevann kan overskrides med tiden. Standarden er for mottatt effektiv dose på 0,1 mSv/år, noe som tilsvarer en aktivitet i vannet på 4 Bq/l  $^{238}\text{U}$  og 4 Bq/l  $^{234}\text{U}$ .

Det vil være behov for å overvåke grunnvannet i lang tid fremover.

### 6.2 Stasjonær luftsuger

Ved bruk av stasjonære luftsugere<sup>7</sup> kan uranisotop sammensetningen i et område måles over tid. Man vil da få en kontinuerlig overvåkning av innholdet av uran i luften. Man vil kunne se om innholdet av uran endrer seg over tid, eller ved påvirkning av for eksempel vind, nedbør og lignende.

### 6.3 Urinundersøkelser

Man har for lite kunnskap om opptaket av uran i kroppen. Dette monitoreres lettest ved å analysere urinprøver, siden 90% av inntatt uran skilles ut gjennom urinen.

Det er behov for videre prøvetaking og analyse av uran i urin hos personell som tjenestegjør i områder der det er anvendt ammunisjon inneholdende utarmet uran.

### 6.4 Irak

Utarmet uran som ammunisjon ble første gang brukt under Gulf krigen i 1991. En hypotese [14] peker på at de nåværende helse og miljøproblemene i Irak, det såkalte "Gulf krig syndromet", kan ha en sammenheng med bruk av ammunisjon inneholdende utarmet uran. Det pekes på at dødsraten blant barn som dør av kreft har økt kraftig fra før Gulf krigen til årene etter. Radioaktivt avfall og prosjektiler inneholdende utarmet uran kan være årsaken.

Spørsmålet er om påstandene om sykdom er reelle, og om det er uran som er årsaken. Det er bekreftet at det er økt sykdom etter krigen, men om det er uranets eventuelle innvirkning, eller andre årsaker er vanskelig å avklare.

---

<sup>7</sup> Maskin med filter som suger inn luft. Filteret analyseres for spor av nuklider.

AFRRI (Armed Forces Radiobiology Research Institute) i USA har fulgt opp personell som ble skadet av fragmenter av utarmet uran. Fragmenter som ikke utgjorde en umiddelbar individuell helserisiko ble ikke fjernet. Spørsmålet er om dette var en akseptabel prosedyre for et metall med radiologiske og toksiske egenskaper. AFRRI har gjort studier [15] av gnagere implantert med ”pellets” av utarmet uran og humancellestudier med ulike utarmet uran forbindelser. Resultatene indikerer at uran fra implantert utarmet uran ble distribuert til organer langt unna stedet der implanteringen var lokalisert, så som ben, nyrer, muskel og lever. Selv om eksponeringen ga nyretoksiske nivåer akutt, ble det ikke funnet histologiske eller funksjonelle forandringer i nyrene. Men langtidsstudier vil kunne være aktuelle, spesielt fordi utarmet uran ble funnet å være mutagent<sup>8</sup>, og det kunne transformere humane bendannende celler til en tumorogen fenotype<sup>9</sup>. Utarmet uran ga også neurotoksiske forandringer i rotte-hippocampus<sup>10</sup>, det ble vist å kunne krysse den barrieren visse stoffer i morkaka utgjør, og ble gjenfunnet i fostervev.

Studier [16] indikerer at for lavanrikt uran er det den eventuelle kjemiske toksisiteten man må være oppmerksom på. Til sammenligning er den radiologiske risikoen ubetydelig. Strålevernstandarder for inntak av naturlig og utarmet uran er basert på potensielle kjemisk-toksiske effekter på nyrene. Det må bemerkes at det ikke eksisterer studier som har påvist skadelige virkninger på nyrene hos mennesker. Det har heller ikke blitt utført noen systematiske langtids epidemiologiske oppfølgingsstudier på den eksponerte befolkningen med sikte på å avklare om eksponering for utarmet uran har sammenheng med den påståtte overfloden av sykdom i disse befolkningene.

---

<sup>8</sup> Stoff eller annen faktor som fremkaller mutasjon

<sup>9</sup> Individuelle egenskaper oppstått gjennom samvirke mellom arv og miljø som disponerer for svulstdannelse

<sup>10</sup> En del av det limbiske system i hjernen

## **7 Konklusjoner og tiltak som anbefales av Statens strålevern**

Militær anvendelse av utarmet uran, spesielt som panserbrytende ammunisjon, har fått stor oppmerksomhet i den senere tid. Det har vært stilt spørsmål ved en eventuell sammenheng mellom en rekke forskjellige skader og sykdommer som personell skal ha pådratt seg og oppdrag i områder der slik ammunisjon har vært anvendt.

Fagfolk med kompetanse på stråling og strålerelaterte skader har ikke kunnet påvise at utarmet uran skulle gi slike virkninger. Statens strålevern støtter seg i hovedsak på internasjonale undersøkelser, blant annet rapporter fra UNEP, WHO og EU. Disse konkluderer med at bruken av utarmet uran har liten helsemessig betydning, men at forurensingen av miljøet kan være langvarig. Dette får konsekvenser for befolkningen og bør tas hensyn til. Strålevernet støtter disse vurderingene, og de anbefalinger som gis.

Med bakgrunn i internasjonale rapporter og måledata fra Forsvaret og NILU vil Strålevernet anbefale følgende tiltak:

- Utplassering av luftsugere med høy luftsugekapasitet på områder der utarmet uran er påvist brukt, for å få en oversikt over hva som faktisk finnes av støv fra utarmet uran i luften på forurensede steder.
- Det bør rutinemessig tas urinprøver, som stikkprøver eller eventuelt prøver av spesielle grupper/utvalg. Det kan vurderes full screening, urinprøver før avreise og ved tilbakekomst, av alt personell som skal i internasjonal tjeneste. Dette vil bli veldig kostbart, og kan ta fokus fra andre helse spørsmål.
- Dersom man finner forhøyede konsentrasjoner av uran i urin bør dette følges opp med undersøkelser i omgivelsene der de(n) aktuelle personen(e) har befunnet seg. Undersøkelser som bør gjennomføres er drikkevannsundersøkelser, bruk av personbårne luftsugere etc.
- Det bør gis ut en informasjonsbrosjyre om utarmet uran. Denne bør distribueres til personell som oppholder seg, har oppholdt seg, eller skal oppholde seg i områder der utarmet uran har blitt brukt som ammunisjon.

## 8 Referanser

1. ICRP Publications No. 69.
2. ICRP Publications No. 38.
3. UNEP, 2001: "Depleted uranium in Kosovo: Post-Conflict environmental assessment."
4. WHO, April 2001: "Depleted uranium: Sources, Exposure and Health Effects."
5. EU, March 2001: "Opinion of the group of experts established according to article 31 of the Euratom Treaty: Depleted Uranium."
6. McIntyre J.F., Lefevre E.P. and Musselmann K.A.: Corrosion, March 9-13, 1987: "The galvanic corrosion of depleted uranium in synthetic seawater coupled to aluminium, magnesium and mild steel."
7. FO-rapport, Mai 2001: "Miljørapport NORBN III."
8. Ejnik et al.: Health Phys. 78(2):143-146, 2000: "Determination of the isotopic composition of uranium in urine by inductively coupled plasma mass spectrometry."
9. Roth P. and Werner E., for the Federal Ministry of Defense, January 2001: "A study of uranium excreted in urine: An assessment of protective measures taken by the German Army KFOR Contingent."
10. SGAB Analytica Prislita 2000: "Medisin Arbeidsmiljø."
11. FMI-rapport, 2001.: "Risikoevaluering av helikopteroperasjoner i områder forurenset av utarmet uran."
12. FFI Rapport, 2001: "Risikovurdering av helikopteroperasjoner i områder forurenset med utarmet uran."
13. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2: Health criteria and other supporting information. Geneva, World Health Organization, 1996.
14. The Lancet: Vol 351, February 28, 1998. "Does Iraq's depleted uranium pose a health risk?"
15. McClain DE, Benson KA, Dalton TK, Ejnik J, Emond CA, Hodge SJ, Kalinich JF, Landauer MA, Miller AC, Pellmar TC, Stewart MD, Villa V, Xu J: Sci Total Environ (2001) 274:115-8: "Biological effects of embedded depleted uranium (DU): summary of armed forces radiobiology research institute research."
16. Kathren R.L.: Journal of Radiological Protection, Volume 21, No.2 June 2001, pp 105-108: "Recent studies of the mortality and cancer morbidity experience of uranium workers and a fresh look at depleted uranium."

## 9 Generell bakgrunns litteratur

World Health Organization, A54/19, 30 March 2001: "Health effects of depleted uranium."

FFI Notat, 2000.: "Miljøkonsekvenser av utarmet uran i ammunisjon."

Kristiansen J., Christensen J.M., Iversen B.S., Sabbioni E.: *The Science of the Total Environment* 204 (1997) 147-160: "Toxic trace element reference levels in blood and urine: influence of gender and lifestyle factors."

Rodushkin I., Ödman F., Branth S.: *Fresenius J Anal Chem* (1999) 364: 338-346: "Multielement analysis of whole blood by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry."

Rodushkin I, Axelsson M.D.: *The Science of the Total Environment* 262 (2000) 21-36: "Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden."

White M.A., Sabbioni E.: *The Science of the Total Environment* 216 (1998) 253-270: "Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population."

Hamilton E.I., Sabbioni E., Van der Venne M.T.: *The Science of the Total Environment* 158 (1994) 165-190: "Element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. VI. Review of elements in blood, plasma and urine and a critical evaluation of reference values for the United Kingdom population."

Karpas Z., Halicz L., Rois J., Marko R., Katorza E., Lorber A., Goldbart Z.: *Health Physics*, December 1996, Vol 71, Nr. 6.: "Inductively coupled plasma mass spectrometry as a simple, rapid, and inexpensive method for determination of uranium in urine and fresh water: Comparison with lif."

The Lancet, Vol 357, January 27, 2001: "Toxicity of depleted uranium."

Dr. Rosalie Bertell (President of the International Institute of Concern for Public Health (IICPH), and Editor in Chief of *International Perspectives in Public Health*): "Gulf War Syndrome, Depleted Uranium and the Dangers of Low-Level Radiation."

International Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW) Executive Committee, February 19, 2001: "Depleted Uranium Weapons and Acute Post-War Health Effects: An IPPNW Assessment."

BMJ 2001;322: 123-124 (January 20): "Depleted uranium and public health."

Kerekes A., Capote-Cuellar A., Köteles G.J.: *Health Physics*, Februar 2001, Vol. 80, Nr. 2.: "Did Nato attacks in Yugoslavia cause a detectable environmental effect in Hungary?"

Danesi P.R.: *IAEA Bulletin*, 40/41/1998: "Investigating fallout from nuclear testing: Hot Particles & the Cold War."

Selnæs T.D.: Institutt for energiteknikk, 22.12.1993: "A radiological assessment of releases from the coal-fired power plant Ajka in Hungary."

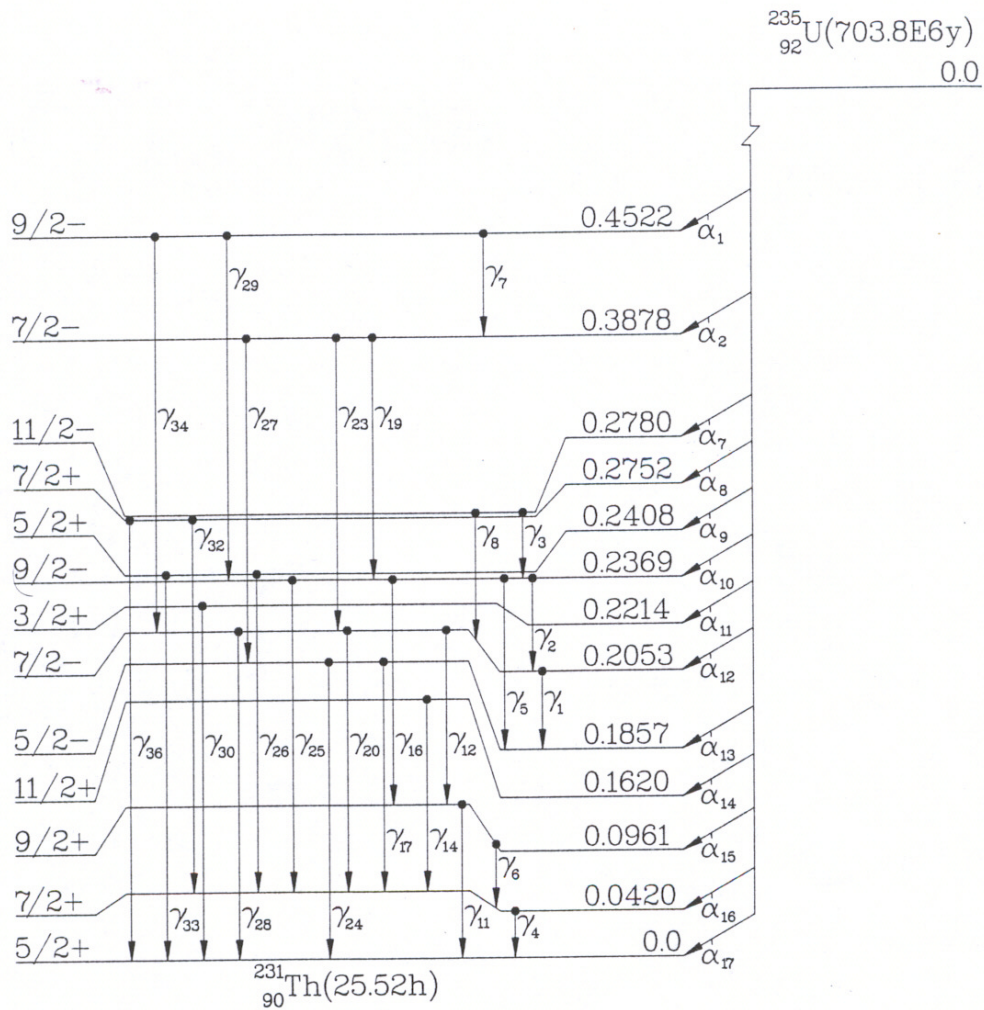
WISE Uranium Project, January 17, 2001: "Hazards from depleted uranium produced from reprocessed uranium."



## **10 Appendix**

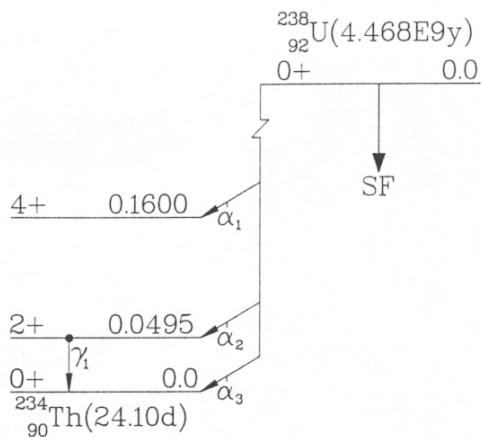
- A. Decayskjema for  $^{235}\text{U}$  og  $^{238}\text{U}$
- B. Koordinater fra Nato
- C. Måledata fra NILU
- D. Dosegrenser og beregninger (ICRP)

A. Decayskjema for  $^{235}\text{U}$  og  $^{238}\text{U}$



92-URANIUM-235

a)



92-URANIUM-238

b)

Figur A1. Decayskjema [2] for a) U-235 og b) U-238.

## B. Koordinator fra Nato

### Data concerning the locations of depleted uranium ordnance expended during Operation Allied Force (grid co-ordinates)

*This list of grid locations do not represent the exact locations where DU munitions struck the ground but rather where NATO aircraft engaged targets. These co-ordinates are estimates based on pilots' mission reports and confirmed by commanders of units that expended the DU ordnance. Further information is being sought and will be provided when available.*

Number	Date	Location (UTM)	Total Number of Rounds
1	06-Apr-99	34TDM717863 UNKWN	
2	07-Apr-99	34TDM551901 110	
3	08-Apr-99	34TDN665117 150	
4	08-Apr-99	34TDN834190 UNKWN	
5	15-Apr-99	34TEM580880 250	
6	15-Apr-99	34TEM680995 UNKWN	
7	16-Apr-99	34TEM643964 UNKWN	
8	17-Apr-99	34TEM1885 200	
9	27-Apr-99	34TDM433974 UNKWN	
10	27-Apr-99	34TDM680690 UNKWN	
11	30-Apr-99	420348N0203450E UNKWN	
12	30-Apr-99	34TEM208935 UNKWN	
13	30-Apr-99	34TDN402102 UNKWN	
14	5-May-99	34TDM515938 210	
15	6-May-99	34TDM717863 UNKWN	
16	7-May-99	34TDM503893 400	
17	7-May-99	34TDN387039 500	
18	7-May-99	34TDM771627 100	
19	9-May-99	34TDN416092 200	
20	10-May-99	34TEN148478 200	
21	11-May-99	34TEN187470 700	
22	11-May-99	34TEM019990 150	
23	11-May-99	34TDM913976 65	
24	12-May-99	34TDN505044 110	
25	13-May-99	34TDN7735 570	
26	14-May-99	34TDM723693 170	
27	14-May-99	34TEM105920 UNKWN	
28	14-May-99	34TDM525911 300	
29	14-May-99	34TEM126888 90	
30	15-May-99	34TDM7462 210	
31	15-May-99	34TDN514102 320	
32	15-May-99	34TEM1995 200	
33	15-May-99	34TEM6496 130	
34	15-May-99	34TDN719403 UNKWN	
35	15-May-99	34TDM741622 UNKWN	
36	16-May-99	34TDM745682 90	
37	17-May-99	34TDM755619 170	
38	17-May-99	34TEM540821 120	
39	22-May-99	34TEM209103 UNKWN	
40	25-May-99	34TDM624931 120	
41	25-May-99	34TEM620945 300	
42	25-May-99	34TEM632934 150	
43	26-May-99	34TDM588998 UNKWN	
44	26-May-99	34TDM5597 170	
45	28-May-99	34TEN472112 100	
46	28-May-99	34TEM625882 200	
47	28-May-99	34TDM43159425 300	
48	28-May-99	34TDM659950 50	
49	28-May-99	34TEM189923 90	
50	29-May-99	34TEN178432 350	
51	29-May-99	34TDM695654 190	
52	29-May-99	34TEM335844 UNKWN	
53	29-May-99	34TDM580994 UNKWN	
54	29-May-99	34TDM659950 50	
55	29-May-99	34TCM01479634 230	
56	29-May-99	34EM335844 80	
57	30-May-99	34TEM1691 480	
58	30-May-99	34TCM01479634 250	
59	31-May-99	34TDM54938 200	
60	31-May-99	34TDM6573 970	
61	1-Jun-99	422550N 0202630E 200	
62	1-Jun-99	34TDM663705 540	
63	1-Jun-99	34TDM597858 400	
64	1-Jun-99	34TDM782603 500	
65	1-Jun-99	34TEM625882 970	
66	2-Jun-99	34TDM728675 80	
67	2-Jun-99	34TDM728675 70	
68	2-Jun-99	34TDM5892 600	
69	2-Jun-99	34TDM743720 400	
70	2-Jun-99	34TDM503893 400	
71	2-Jun-99	34TDN387039 500	
72	2-Jun-99	34TDM771627 100	
73	3-Jun-99	34TEN362171 150	
74	3-Jun-99	34TDM503893 470	
75	3-Jun-99	34TDM740590 370	
76	3-Jun-99	34TDN59223216 700	
77	5-Jun-99	34TDN393005 280	
78	5-Jun-99	34TDN4002 120	
79	5-Jun-99	34TDN389042 400	
80	5-Jun-99	34TDN393005 200	
81	5-Jun-99	34TDN387005 560	
82	5-Jun-99	34TDN603245 320	
83	5-Jun-99	34TDM67256935 286	
84	6-Jun-99	34TDM409873 UNKWN	
85	6-Jun-99	34TDM412883 907	
86	6-Jun-99	34TDN4002 120	
87	6-Jun-99	34TDM936785 970	
88	6-Jun-99	34TDN474090 745	
89	6-Jun-99	34TDM396948 100	
90	6-Jun-99	34TDM396948 100	
91	6-Jun-99	34TDN474090 200	
92	6-Jun-99	34TDN464082 440	
93	7-Jun-99	34TDM7439471956 140	
94	7-Jun-99	34TDM545937 225	
95	7-Jun-99	34TDN886168 370	
96	7-Jun-99	34TDM592764 610	
97	7-Jun-99	34TDN465083 530	
98	7-Jun-99	34TDN534026 655	

99 7-Jun-99 34TDN4310 560  
 100 8-Jun-99 34TDN528123 1320  
 101 8-Jun-99 34TDM771631-DM762600 400  
 102 8-Jun-99 34TDN863422 670  
 103 8-Jun-99 34TDN528123 1000  
 104 9-Jun-99 34TDM755645 200  
 105 UNKWN 34TDM772630 500  
 106 UNKWN 34TEM625882 970  
 107 17-Apr-99 34TEM170852 UNKWN  
 108 UNKWN 34TEM6308785128 UNKWN  
 109 UNKWN 34TEN17012908 UNKWN  
 110 UNKWN 34TDM5359283702 UNKWN  
 111 27-May-99 34TEM397979 UNKWN  
 112 28-May-99 34TEM631852 180

**FRY (Serbia)**

**Number Date Location (UTM) Total Number of Rounds**

5 15-Apr-99 34TEM580880 250  
 6 15-Apr-99 34TEM680995 UNKWN  
 7 16-Apr-99 34TEM643964 UNKWN  
 33 15-May-99 34TEM6496 130  
 38 17-May-99 34TEM540821 120  
 41 25-May-99 34TEM620945 300

42 25-May-99 34TEM632934 150  
 46 28-May-99 34TEM625882 200  
 65 1-Jun-99 970  
 106 11-Jun-99 970  
 108 UNKWN 34TEM6308785128 UNKWN  
 112 28-May-99 34TEM631852 180

**Number Date Location (UTM) Total Number of Rounds**

55 29-May-99 34TCM01479634 230  
 58 30-May-99 250

**112 strikes -- 96 different targets attacked:**

**85 Targets in Kosovo**

**10 Targets in FRY/Serbia (other than Kosovo)**

**1 Target in FRY/Montenegro**

**Targets hit more than once (16 targets):**

1=15 7=33 16=70=74 17=71 18=72=101=105  
 30=35 46=65=106  
 48=54 52=56 55=58 59=94 77=80 78=86 88=91  
 89=90 100=103

## C. Måledata fra NILU

### Målerapport nr. U-391-01

**Oppdragsgiver:** Dag Tønnesen, NILU

**Prosjekt nr.:** O-99149

**Prøvetaking:**

Sted: Kosovo

Ansvar: NILU

Kommentar: Prøver for perioden 01.01.2000-16.02.2000

**Prøveinformasjon:**

Prøvetype: Tungmetaller, luftprøver (fp-tofi)

Prøven mottatt:

Kommentar: Resultatene er korrigerte med filterblank, Zefluor-filter for finfraksjon, Nukleopore filter for grovfraksjon. Deteksjonsgrensen er basert på 3 standardavvik av blankfiltere for de rapporterte elementene.

**Analyser:**

Utført av: Norsk institutt for luftforskning, Postboks 100, N-2027 KJELLER

**Målemetode:** NILU-U-47: Forskrift for måling av masse svevestøv, hovedkomponenter og tungmetaller i svevestøv i luft med sierra dichotomous eller Nilus to-filterprøvetaker.

Analysemetoden NILU-U-47 er akkreditert av Norsk Akkreditering i henhold til EN-45001.

**Måleusikkerhet:** Måleusikkerheten for ICPMS varierer noe fra element til element. Generelt ligger måleusikkerheten innenfor  $\pm 10\%$  ved 10 ng/ml (ppb). Måleusikkerheten omfatter bare det som kan tilskrives prøvebehandling og kjemiske analyser på laboratoriet. Ved vurdering av total usikkerhet må det tas hensyn til bidraget fra prøvetaking samt prøvens representativitet. I de tilfellene der NILU ikke har hatt ansvar for prøvetakingen, kan vi ikke tallfeste dette bidraget til usikkerheten. For luftprøver beregnes måleresultatet i rapporten på basis av luftvolum. I slike tilfeller vil deteksjonsgrensen som rapporteres kunne variere fra prøve til prøve dersom luftvolumet varierer.

**Kommentar:**

**Kontaktperson:** Hilde Th. Uggerud

**Godkjenning:** Kjeller, 22. januar 2001

Hilde Th. Uggerud  
Forsker, Kjemisk analyse

**Vedlegg:** Analyseresultater for 24 prøver: 2 sider  
Målerapporten og vedleggene omfatter totalt 4 sider

Måleresultatene gjelder bare de prøvene som er analysert. Denne rapporten skal ikke gjengis i utdrag, uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet.

*Analyseresultatene for ICPMS følger som et eget vedlegg med overskrift "NILU ICPMS RAPPORT".*

*Oppdragsgivers prøveidentifikasjon er angitt i målerapporten for hver enkelt prøve. Analyseresultatene i rapportvedlegget er gitt med varierende antall gjeldende siffer. Siden det vanligvis er vanskelig å spesifisere total måleusikkerhet bedre enn 10%, anbefales det å ikke benytte mer enn 3 gjeldende siffer ved vurdering eller i presentasjon av resultatene. Et minus "-" foran måleresultatet, betyr at det er mindre enn deteksjonsgrensen for analysemetoden. Er måleresultatet oppgitt som f.eks. "-0.01", betyr det at deteksjonsgrensen for metoden er 0.01.*

# Måleresultater

Norsk Institutt for Luftforskning Avdeling for Uorganisk Analyse 2007 KJELLER										NILU ICPMS RAPPORT										Dato: 01/01/22 Side: 1	
Prøveidentifikasjon	Prøve dato	Nilu id.	Prøve-type	Filt del	Luft vol	Uv.vol	ENHET	Ca	Al	Be	Sr	Sn	Sb	Ba	Tl	Bi	Th	U			
KOSOMO	00/01/01	0-99149	FP-TOFI	1.	14.8	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.002			
KOSOMO	00/01/01	0-99149	FP-TOFI	1.	14.8	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.007			
KOSOMO	00/01/02	0-99149	FP-TOFI	1.	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.002			
KOSOMO	00/01/02	0-99149	FP-TOFI	1.	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.010			
KOSOMO	00/01/08	0-99149	FP-TOFI	1.	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.009			
KOSOMO	00/01/08	0-99149	FP-TOFI	1.	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.048			
KOSOMO	00/01/13	0-99149	FP-TOFI	1.	12.4	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.005			
KOSOMO	00/01/13	0-99149	FP-TOFI	1.	12.4	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.032			
KOSOMO	00/01/27	0-99149	FP-TOFI	1.	12.8	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.002			
KOSOMO	00/01/27	0-99149	FP-TOFI	1.	12.8	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.026			
KOSOMO	00/01/28	0-99149	FP-TOFI	1.	8.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.003			
KOSOMO	00/01/28	0-99149	FP-TOFI	1.	8.7	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.036			
KOSOMO	00/02/01	0-99149	FP-TOFI	1.	12.6	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.004			
KOSOMO	00/02/01	0-99149	FP-TOFI	1.	12.6	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.028			
KOSOMO	00/02/04	0-99149	FP-TOFI	1.	15.3	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.002			
KOSOMO	00/02/04	0-99149	FP-TOFI	1.	15.3	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.009			
KOSOMO	00/02/06	0-99149	FP-TOFI	1.	13.2	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.011			
KOSOMO	00/02/06	0-99149	FP-TOFI	1.	13.2	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.033			
KOSOMO	00/02/11	0-99149	FP-TOFI	1.	15.1	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.002			
KOSOMO	00/02/11	0-99149	FP-TOFI	1.	15.1	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.047			
KOSOMO	00/02/14	0-99149	FP-TOFI	1.	14.15	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.005			
KOSOMO	00/02/14	0-99149	FP-TOFI	1.	14.15	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.084			
KOSOMO	00/02/16	0-99149	FP-TOFI	1.	14.9	10.	ng/m <sup>3</sup>											-0.002			
KOSOMO	00/02/16	0-99149	FP-TOFI	1.	14.6	10.	ng/m <sup>3</sup>											0.002			

Norsk Institutt for Luftforskning Avdeling for Uorganisk Analyse 2007 KJELLER										NILU ICPMS RAPPORT										Dato: 01/01/22 Side: 1	
Prøveidentifikasjon	Prøve dato	Nilu id.	Prøve-type	Filt del	Luft vol	Uv.vol	ENHET	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Fe	Mn	V	As			
KOSOMO	00/01/01	00/01/02	0-99149	FP-TOFI	F	14.8	10.	ng/m <sup>3</sup>	44.09	0.666	1.61	605.88	-3.63	1.16	40.6	2.09		1.679			
KOSOMO	00/01/01	00/01/02	0-99149	FP-TOFI	G	14.8	10.	ng/m <sup>3</sup>	15.90	0.138	1.11	15.11	7.91	3.20	256.0	10.96		0.524			
KOSOMO	00/01/02	00/01/03	0-99149	FP-TOFI	F	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	4284.44	27.356	0.99	2071.71	6.21	3.38	67.9	2.29		49.634			
KOSOMO	00/01/02	00/01/03	0-99149	FP-TOFI	G	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	3437.51	19.919	1.35	1170.72	3.08	1.41	408.2	18.63		36.263			
KOSOMO	00/01/08	00/01/09	0-99149	FP-TOFI	F	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	168.38	1.140	1.28	31.20	-4.60	3.94	91.8	3.93		4.303			
KOSOMO	00/01/08	00/01/09	0-99149	FP-TOFI	G	11.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	496.82	1.888	2.36	49.99	17.61	10.54	1051.1	56.70		10.571			
KOSOMO	00/01/13	00/01/14	0-99149	FP-TOFI	F	12.4	10.	ng/m <sup>3</sup>	42.98	1.732	2.51	37.55	-4.34	1.87	186.8	9.48		0.941			
KOSOMO	00/01/13	00/01/14	0-99149	FP-TOFI	G	12.4	10.	ng/m <sup>3</sup>	32.71	1.445	3.38	27.38	5.04	3.79	956.1	48.47		1.306			
KOSOMO	00/01/27	00/01/28	0-99149	FP-TOFI	F	12.8	10.	ng/m <sup>3</sup>	256.72	1.056	1.80	66.15	-4.20	1.08	89.5	7.55		4.358			
KOSOMO	00/01/27	00/01/28	0-99149	FP-TOFI	G	12.8	10.	ng/m <sup>3</sup>	128.97	0.285	2.81	26.87	8.99	3.80	508.3	23.40		1.756			
KOSOMO	00/01/28	00/01/29	0-99149	FP-TOFI	F	8.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	219.20	1.015	1.94	106.84	-6.18	-1.24	129.3	24.07		7.861			
KOSOMO	00/01/28	00/01/29	0-99149	FP-TOFI	G	8.7	10.	ng/m <sup>3</sup>	521.70	1.235	2.57	102.34	11.02	4.09	1257.3	66.11		5.824			
KOSOMO	00/02/01	00/02/02	0-99149	FP-TOFI	F	12.6	10.	ng/m <sup>3</sup>	103.97	0.815	2.95	353.89	-4.27	1.85	225.9	12.98		3.245			
KOSOMO	00/02/01	00/02/02	0-99149	FP-TOFI	G	12.6	10.	ng/m <sup>3</sup>	72.61	0.152	2.35	25.96	7.62	4.28	816.5	31.98		1.704			
KOSOMO	00/02/04	00/02/05	0-99149	FP-TOFI	F	15.3	10.	ng/m <sup>3</sup>	793.99	2.669	0.66	146.27	-3.51	-0.70	-14.2	1.60		6.058			
KOSOMO	00/02/04	00/02/05	0-99149	FP-TOFI	G	15.3	10.	ng/m <sup>3</sup>	164.24	0.487	0.82	40.32	4.67	0.50	140.3	8.22		1.418			
KOSOMO	00/02/06	00/02/07	0-99149	FP-TOFI	F	13.2	10.	ng/m <sup>3</sup>	1169.55	3.271	3.04	759.77	-4.07	1.24	122.5	5.77		10.259			
KOSOMO	00/02/06	00/02/07	0-99149	FP-TOFI	G	13.2	10.	ng/m <sup>3</sup>	478.02	1.086	2.47	57.27	3.04	1.41	919.6	28.19		3.402			
KOSOMO	00/02/11	00/02/12	0-99149	FP-TOFI	F	15.1	10.	ng/m <sup>3</sup>	1639.60	7.335	1.42	256.95	-3.56	-0.71	58.8	7.19		15.962			
KOSOMO	00/02/11	00/02/12	0-99149	FP-TOFI	G	15.1	10.	ng/m <sup>3</sup>	1100.58	4.149	5.74	75.66	4.69	4.53	1599.9	62.96		10.601			
KOSOMO	00/02/14	00/02/15	0-99149	FP-TOFI	F	14.15	10.	ng/m <sup>3</sup>	67.05	0.334	2.10	102.61	-3.80	1.17	145.1	10.44		1.117			
KOSOMO	00/02/14	00/02/15	0-99149	FP-TOFI	G	14.15	10.	ng/m <sup>3</sup>	83.31	0.359	7.67	28.02	12.70	13.05	3143.3	134.45		3.929			
KOSOMO	00/02/16	00/02/17	0-99149	FP-TOFI	F	14.9	10.	ng/m <sup>3</sup>	16.09	0.466	0.39	33.24	-3.61	-0.72	-14.6	0.78		0.360			
KOSOMO	00/02/16	00/02/17	0-99149	FP-TOFI	G	14.6	10.	ng/m <sup>3</sup>	8.83	0.128	1.32	12.69	18.15	10.99	249.5	8.76		0.159			

## D. Dosegrenser og beregninger (ICRP)

Den biokinetiske modellen for uran som idag anvendes internasjonalt er beskrevet i ICRP 69 [1], fra 1995. Modellen er relativt kompleks, basert på ca. 60 ulike publikasjoner gjennom de siste 50 år vedrørende urans opptak og distribusjon i kroppen, og ikke minst på en betydelig mengde data fra obduksjon av personer som har vært kronisk eksponert for uran i yrkessammenheng. I henhold til denne modellen vil uranet delvis skilles ut i urin direkte fra blodplasma, og delvis vil det først deponeres i ulike organer og langsomt gå tilbake til blod og til ekskresjon.

Modellen kan brukes til å beregne stråledosen i mSv forbundet med inntak av f.eks. 1 Bq U-238 (dosekonverteringsfaktor), og derigjennom angi hvilket uraninntak i Bq eller gram som tilsvarer den årlige dosegrense på 20 mSv (ALI-annual limit of intake). Eventuelt kan den også brukes til å beregne daglig urinekskresjon i forhold til kroppsinholdet av uran til ulike tider etter et éngangsinnntak. Beregningene vil i prinsippet variere med hvilken kjemisk forbindelse uran foreligger i, og for inhalasjon også hvilken størrelsesfordeling aerosolene har.

I tabellene nedenfor er en del av de angitte parametrene for de aktuelle uranisotoper, samt Pu-239. De angitte dosekonverteringsfaktorene gjelder for inhalasjon. De tilsvarende faktorer for inntak gjennom munn er ca. 1 % av inhalasjonsfaktorene. De angitte dosimetriske og biokinetiske data gjelder for den mest tungløselige gruppen av de forskjellige isotopene, det vil si den gruppen som  $U_3O_8$  tilhører.

**Tabell D1. Aktuelle isotoper i forbindelse med utarmet uran.**

Nuklide	Halveringstid (år)	Spesifikk aktivitet (Bq·g <sup>-1</sup> )
U-234	$2,4 \cdot 10^5$	$2,313 \cdot 10^8$
U-235	$7 \cdot 10^8$	$8,001 \cdot 10^4$
U-236	$2,3 \cdot 10^7$	$2,396 \cdot 10^6$
U-238	$4,5 \cdot 10^9$	$1,245 \cdot 10^4$
Pu-239	$2,4 \cdot 10^4$	$2.295 \cdot 10^9$

**Tabell D2. Dosimetrisk og biokinetisk data for utarmet uran m.m.**

Nuklide	Max dosekonv. faktor Sv/Bq inhal-5µm	ALI <sub>min</sub> -inhal.-5µm Bq	ALI <sub>min</sub> inhal. mg	Daglig urineksekresjon etter		
				10 dg	100 dg	1000 dg
U-234	$6,8 \cdot 10^{-6}$	2,9 kBq		$4,6 \cdot 10^{-2}$ Bq ( $1,6 \cdot 10^{-5}$ )	$1,5 \cdot 10^{-2}$ Bq ( $5 \cdot 10^{-6}$ )	$4,4 \cdot 10^{-3}$ Bq ( $1,5 \cdot 10^{-6}$ )
U-235	$6,1 \cdot 10^{-6}$	3,3 kBq	41 mg	$5,3 \cdot 10^{-2}$ Bq 0,65 µg	$1,7 \cdot 10^{-2}$ Bq 0,20 µg	$5,0 \cdot 10^{-3}$ Bq 0,045 µg
U-236	$6,3 \cdot 10^{-6}$	3,2 kBq		$5,2 \cdot 10^{-2}$ Bq	$1,6 \cdot 10^{-2}$ Bq	$4,8 \cdot 10^{-3}$ Bq
U-238	$5,7 \cdot 10^{-6}$	3,5 kBq	282 mg	$5,6 \cdot 10^{-2}$ Bq 4,5 µg	$1,8 \cdot 10^{-2}$ Bq 1,4 µg	$5,3 \cdot 10^{-3}$ Bq 0,42 µg
Pu-239	$3,2 \cdot 10^{-5}$	0,63 kBq	0,272 µg	$0,4 \cdot 10^{-5}$ µg ( $1,5 \cdot 10^{-5}$ )	$0,5 \cdot 10^{-6}$ µg ( $1,8 \cdot 10^{-6}$ )	$0,4 \cdot 10^{-6}$ µg ( $1,5 \cdot 10^{-6}$ )

- ALI<sub>min</sub> Det inhalasjonsinntak i termer av Bq eller mg som tilsvarer årsgrensene for yrkesaktive (20 mSv), beregnet for aerosoldiameter på 5 µm (AMAD) og for den kjemiske forbindelse med lavest ALI.
- Sv/Bq Dosekonversjonsfaktor, dvs hvilken dose (committed effective dose) som følger av et inntak på 1 Bq.
- Daglig urineksekresjon Daglig urineksekresjon, angitt i Bq eller µg, til ulike tider etter et engangsinntak tilsvarende den årlige dosegrensen på 20 mSv. Tallene i parentes angir den fraksjon av inntaket som er igjen etter de ulike tidsperiodene, og vil være lik for alle uranisotopene.

Som det sees av tabell D2 vil et inntak på 3,5 kBq U-238 gi en dose lik årsgrensene på 20 mSv. 1000 dager etter inntaket vil den daglige urineksekresjon være  $5,3 \cdot 10^{-3}$  Bq, tilsvarende 0,42 µg uran. Dette vil også representere de krav til deteksjonsgrenser som er aktuelle i forbindelse med urinanalyser. SGAB Analytica angir at deres deteksjonsgrense for U-tot i urin er rundt 0,5 ng/l (ved ICP-MS), og at for å bestemme isotop-ratio bør U-tot konsentrasjonen være > 20 ng/l. Tradisjonelle metoder som alfa-analyse har typisk deteksjonsgrense på 1 µg/l.

Det finnes lite data når det gjelder konsentrasjonen av naturlig uran i urin, men en artikkel [8] nevner 6-30 ng/l som naturlig bakgrunnsnivå, og SGAB Analytica angir 1-30 ng/l som normalområde for personer ikke utsatt for utarmet uran. Deteksjonsgrensen for uran i urinprøver er omtrent 1 ng/l.

Konklusjon: Et engangsinntak tilsvarende dosegrensen på 20 mSv lar seg lett detektere 3 år etterpå ved moderne analysemetoder (ICP-MS), og selv inntak ned mot 1/10 av denne dosegrensen lar seg detektere.