



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Thommy Godås

2013:17

Kartläggning av transportflödet
samt doser till personal och allmänhet
vid transport av radioaktiva
ämnen i Sverige

Abstrakt

Resultat från studien visar att under år 2007 transporterades mer än 13775 kollin med icke kärnkraftsanknutna radioaktiva ämnen på de svenska vägarna. Knappt hälften av dessa kollin utgörs av s.k. undantagna kollin (UN 2908, 2909, 2910 och 2911) innehållande mycket små mängder radioaktiva ämnen. Resterande kollin består i huvudsak av kollin av typ A (med ett litet inslag av kollin av industrityp). Det finns även ett fåtal kollin av typ B (< 0,5 % av totala antalet kollin), som till övervägande del är radiograferingsutrustning.

Antal kollin som transporteras och kollits transportindex (TI), i de flesta fall motsvarande den högsta dosraten på 1 m från kollits yta, är av stor betydelse för att få en uppfattning om vilka transporter som bidrar med högst dos till personal, men även andra faktorer har visat sig ha betydelse. Summan av produkterna av TI och körsträcka (km) för samtliga kollin vid en viss typ av transport bedömdes kunna ge ett bättre underlag för riskbedömning.

$\Sigma(TI \times km)$ för några av de vanligaste nukliderna inom medicinsk och vetenskaplig användning, visar inte helt oväntat att transport av teknetiumgeneratorer (Mo/Tc-99m) är helt dominerande genom att bidra med nära 60 % av den totala $\Sigma(TI \times km)$ dvs. det totala bidraget från de vanligaste nukliderna inom medicinsk och industriell användning. Fluor-18 har ett relativt högt värde på TI x km per kolli, men antalet transporter på väg utanför den producerande anläggningen är i dagsläget förhållandevis få vilket gör att dosen till förare och andra involverade i dessa transporter blir förhållandevis låg. Fluor-18 är ändå intressant eftersom trenden för produktion och användning visar på en stark ökning de senaste åren.

Co-60 källor i olika industriella applikationer har ofta ett högt TI värde och transporteras ibland mycket långa sträckor, vilket ger höga TI x km per kolli. Antalet transporter är dock relativt lågt vilket gör att $\Sigma(TI \times km)$ blir lägre än motsvarande för teknetiumgeneratorerna.

Strålkällor för radiografering förefaller, i motsats till vad som ofta uppges, inte att vara intressant vare sig från transport av ett kolli eller totalt. Trots att data saknas från en av de större aktörerna så är det inte troligt att bilden skulle ändras nämnvärt med dessa data.

Bakgrund

Transport av radioaktiva ämnen ska ske på ett från säkerhets- och strålskyddssynpunkt säkert sätt och i enlighet med nationellt och internationellt antagna regler. Doser till transportpersonal ska vara så låga som rimligt möjligt och kända av SSM. Studien ska ses som en del i detta arbete.

Syfte

Strålsäkerhetsmyndigheten har genomfört en studie över transportflödet i Sverige avseende radioaktiva ämnen i syfte att uppskatta doser till personal. Kartläggningen har främst inriktats på vägtransporter utanför kärnbränslecykeln, dvs. transporter till sjukhus, forskningsinstitutioner, konventionell industri etc. och transport av befintliga strålkällor inom landet för vissa ändamål, t.ex. radiografering. Studien bygger dels på ett enkätunderlag som erhållits från 51 av 112 enkättagare (handelsföretag, radiograferingsföretag och produktionsföretag) och dels besök hos några transportörer, två terminaler och ett produktionsföretag.

Resultat

Projektet visar att det finns en korrelation mellan TI x h och uppmätt (med elektronisk person dosimeter) dos genom en viktningsfaktor 1,6. Viktningsfaktorn gäller i detta fall för personbil eller mindre fraktbil av typen Van. Den beräknade dosen ligger i de flesta fall nära medelvärdet av de båda TL doserna för bröst och rygg, vilket bör vara acceptabelt som en genomsnittlig helkroppsdos. Förväntade årsdoser till de tre förarna som specialstuderats ligger mellan 1,4 mSv och 3,7 mSv.

Utifrån uppskattningen av det totala antalet TI x km som utförs årligen (ca 750 000) på de svenska vägarna vad gäller transport av radioaktiva ämnen till sjukhus och industri blir kollektivdosen till förarna i storleksordning 20 mmanSv. Här bör man dock beakta att merparten av kollektivdosen tas av ett fåtal (högst 10) personer.

Att individdoserna i medeltal till de svenska förarna är låga i jämförelse med förare i andra länder kan bero på att inkommande gods fördelas på ett flertal flygplatser, vilket gör att antal kollin innehållande radioaktiva ämnen per terminal blir förhållandevis liten samt att vidaretransport med bil från terminalen till mottagaren oftast äger rum samma dag som godset anlänt. Generellt sett kan sägas att en typisk transport i Sverige består av ett fåtal kollin vanligen med ett sammanlagt TI under 4, men med långa körsträckor.

Endast något mer än en transport per dygn förekommer i Sverige med ett sammanlagt TI i fordonet högre än 4. Det kan uppskattas att ett hundratal transporter per år utförs med ett totalt TI i fordonet på mellan 10 till 20 och ett femtiotal med ett TI över 30.

Dos till allmänheten har beräknats med konservativa transportsценарier, och visats vara mycket små.



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Thommy Godås
Thommy Godas Ltd.

2013:17

Kartläggning av transportflödet
samt doser till personal och allmänhet
vid transport av radioaktiva
ämnen i Sverige

Datum: mars 2013

Rapportnummer: 2013:17 ISSN:2000-0456

Tillgänglig på www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM. De slutsatser och synpunkter som presenteras i rapporten är författarens/författarnas och överensstämmer inte nödvändigtvis med SSM:s.

Innehåll

Summary	3
1. Inledning	5
2. Syfte och omfattning av studien	6
3. Genomförande	7
3.1. Enkät.....	7
3.2. Enkätutfall.....	8
4. Transport av radioaktiva ämnen för medicinsk, vetenskaplig och industriell användning	9
4.1. Antal och fördelning.....	9
4.2. Transportindex (TI) och $\Sigma(TI \times km)$	10
4.3. Transport av radioaktiva ämnen för medicinsk och vetenskaplig användning.....	11
4.3.1. Mo-99/Tc-99m (Teknetiumgeneratorer).....	13
4.3.2. Fluor-18.....	13
4.4. Transport av radioaktiva ämnen för industriell verksamhet och radiografering.....	14
5. Transport av kärnkraftsanknutet radioaktivt material	16
6. Besök och mätningar	17
6.1. Transport av Fluor-18.....	17
6.2. Transport av ett större antal kollin för leverans till sjukhus.....	18
6.3. Besök vid två flygfraktterminaler.....	20
7. Individdoser från transport av radioaktiva ämnen	21
7.1. Resultat från utvärdering av dosimeterar.....	21
7.2. Uppskattning av doser till förarna.....	23
7.2.1. Mätresultat.....	26
7.2.2. Uppskattning av dos utifrån dosrat och tid.....	27
7.2.3. Uppskatta dos utifrån TI och tid ($TI \times h$), korrelerat till dos från elektronisk persondosimeter.....	30
7.2.4. Viktningsfaktor ($EPD \text{ dos}/TI \times h$).....	30
7.2.5. Uppskattning av den kollektiva dosen till förare.....	35
7.2.6. Noterbart.....	35
8. Dos till allmänheten	37
9. Slutsats	38
10. Referenser	39

Summary

The Swedish Radiation Safety Authority has conducted a study of the transport volume in Sweden for radioactive substances in order to estimate doses to personnel. The survey has concentrated on road transports outside the nuclear fuel cycle, i.e. shipments to hospitals, research institutes, conventional industry etc. and transport of existing radiation sources within the country for certain purposes, such as radiography. The study is based on survey data obtained from 51 of the 112 survey recipients (trading, radiography companies and production companies) and also by visiting a couple of carriers, two terminals and one production company.

Results from the study show that in the year 2007 more than 13,775 packages of non-nuclear-related radioactive material were transported on Swedish roads. At least 50 % of these packages are so called excepted packages (UN 2908, 2909, 2910 and 2911) containing very small amounts of radioactive material. The remaining packages consisted mainly of Type A packages with a small number of industrial type packages. There are also a few packages of type B (<0.5% of the total number of packages), which are predominantly radiography equipment.

Number of packages shipped and the transport index (TI), in most cases corresponding to the maximum dose rate at 1 m from the package surface, is very important in order to get an idea which type of transport contributes to the highest dose to the staff, but also other factors has been shown to be important.

The sum of the products of TI and the distance (km) for all packages of a certain type of transport was judged to provide a better basis for risk assessment.

$\Sigma (TI \times km)$ for some of the most common nuclides in medical and scientific use, shows, not surprisingly, that the transport of technetium generators (Mo/Tc-99m) is dominant, contributing nearly 60% of the total $\Sigma (TI \times km)$, i.e. the total contribution of the most common nuclides in medical and industrial use.

Fluorine-18 has a relatively high value on TI x km per package, but the number of transports on roads outside the producing plant is in the current situation relatively few, which means that the dose to the driver and others involved in these shipments will be relatively low. Fluorine-18 is still interesting since the trend of the production and use show a strong increase in recent years.

Co-60 sources in various industrial applications will have higher TI values and are sometimes transported very long distances, thus providing high TI x km per package. However, since the number of shipments is relatively low, it means that $\Sigma (TI \times km)$ becomes lower than that of technetium generators.

Radiography sources seem, contrary to what is often stated, not to be interesting either from the transport of one package or in total. Despite the lack of data from one of the major players, it is unlikely that the picture would change significantly with these data.

The project shows that there is a correlation between TI x h and measured (with an Electronic Personal dosimeter) dose by one weighting factor of 1.6. The weighting factor applies in this case a passenger car or light freight car type van. The estimated dose is in most cases close to the average of the two TL doses for chest and back, which should be acceptable as an average whole body dose. Expected annual doses

to the three specially investigated drivers in this study are between 1.4 mSv and 3.7 mSv.

Based on the estimate of the total number of TI x km performed annually (about 750 000) on Swedish roads for the transport of radioactive material to hospitals and industry are the collective dose to the drivers found to be in the order of 20 mmanSv. Here it should be noted that most of the collective dose is taken by a small number (up to 10) persons.

That the individual doses on average to Swedish drivers are low compared with drivers in other countries may be due to the fact that incoming goods arrives at several airports, making the number of packages containing radioactive material at the terminal relatively small and that further transportation by car from terminal to the consignee usually takes place the same day as the goods arrived. Generally speaking, a typical transport in Sweden consists of a few packages usually with a total TI of 4, but with long distances.

Only slightly more than one shipment per day occurs in Sweden with a total TI in the vehicle higher than 4. It is estimated that about hundred shipments per year performed with a total of TI in the vehicle between 10 to 20 and about fifty with a TI over 30.

Dose to the public have been calculated using conservative transport scenarios, and shown to be very small.

1. Inledning

Radioaktiva ämnen för medicinskt- och industriellt bruk transporteras dagligen på de svenska vägarna. Genomsnittsdosen till vissa förare och terminalpersonal har från några länder rapporterats vara bland de högsta för någon yrkesgrupp. Till exempel finns rapporter från Spanien [1], Tyskland [2] och Brasilien [3] som visar att årsdoser nära dosgränsen på 20 mSv förekommer för vissa mindre grupper av specialförare. Medeldosen till förare och hanterare har oftast rapporterats som relativt låga [4]. Hur höga persondoserna blir vid transport beror på kollinas dosrater, antal kollin och hanteringstid (hantering vid terminal och körtid) samt typ av fordon. I viss mån kan väntetiden vid terminal spela roll.

Centralisering av inkommande gods till en eller ett fåtal terminaler ger inte bara en större koncentration av gods utan kan också ge en ökad väntetid vid terminalen, vilket kan innebära att aktivitetsmängden för kortlivade nuklider måste ökas och med högre dosrat utanför kollit som följd, om inte ytterligare skärmning tillfogas.

I många länder föredrar man att använda specialföretag som enbart transporter radioaktiva ämnen, medan i andra länder kollin innehållande radioaktiva ämnen enbart utgör en liten bråkdel av det gods som personalen hanterar, vilket är fallet i Sverige för de flesta företag.

2. Syfte och omfattning av studien

IAEA Safety Standards Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2005 Ed No.TS-R-1 [5] anger i paragraf 308 ”*The relevant competent authority shall arrange for periodic assessments of the radiation doses to persons due to the transport of radioactive material, to ensure that the system of protection and safety complies with the Basic Safety Standards*”. Bland annat mot bakgrund av dessa rekommendationer har en studie genomförts i Sverige. Studien omfattar en kartläggning av transportflödet i landet avseende radioaktiva ämnen i syfte att uppskatta doser till personal och om möjligt till individer ur allmänheten. Kartläggningen har främst inriktats på vägtransporter utanför kärnbränslecykeln, dvs. transporter till sjukhus, forskningsinstitutioner, konventionell industri etc. och transport av befintliga strålkällor inom landet för vissa ändamål, t.ex. radiografering.

En likartad studie utfördes 1997 av dåvarande Statens strålskyddsinstitut för att då ingå i en rapport från EU-kommissionen: *The evaluation of the Situation in the European Community (EC) as regards Safety in the Transport of Radioactive Material and the Prospects for the Development of such Type of Transport* [6].

3. Genomförande

Tillstånd krävs enligt Strålskyddslagen eller enligt lagen om kärnteknisk verksamhet att till landet införa, transportera, saluföra, använda mm. radioaktiva ämnen i Sverige. Sådana tillstånd ges av Strålsäkerhetsmyndigheten. Tillstånd för transport av radioaktiva ämnen innehas normalt av den som har tillstånd att införa eller använda dessa radioaktiva ämnen, och innebär att man själv kan utföra transporten eller uppdraga åt någon annan att utföra själva transporten. När tillstånd ges enligt lag om kärnteknisk verksamhet är förhållandena något annorlunda vad avser uppdragstagare. Dessutom måste föraren ha genomgått en godkänd farligt gods utbildning och företaget ha en av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap godkänd säkerhetsrådgivare.

Att inget specifikt tillstånd enligt strålskyddslagen krävs av transportören för transport av radioaktiva ämnen innebär att transportörerna i flertalet fall inte finns registrerade hos Strålsäkerhetsmyndigheten. I början av studien fick därför kontakter tas med framförallt handelsföretagen (införsel och saluförande) och med vissa större leverantörer för att på detta sätt söka kunskap om transportflöden och aktuella transportföretag.

Studien inleddes med utsändande av en enkät till ett stort antal företag (se nedan). Utifrån svaren på enkäten valdes sedan drygt 20 personer (förare och terminalarbetare) ut för att under två månader bära personlig TL-dosimeter. Fem av dessa personer förseddes också med handdosimeter. Vidare valdes fyra företag/arbetsplatser ut för en mera ingående studie.

3.1. Enkät

En enkät sändes ut i november 2007 till 112 handelsföretag med begäran att om möjligt få svar på följande frågor:

- Antal kollin som avsänts under ett år inom eller till Sverige
- Transportör.
- Mottagare
- Antal kolli per UN¹ nummer per transport
- Innehåll i kolli (radionuklid och aktivitet)
- Kategori (dvs. I-VIT, II-GUL eller III-GUL)
- Transportindex (TI)²
- Ungefärlig transportsträcka med bil inom Sverige

För kollin med UN-nummer 2908, 2909, 2910 och 2911 efterfrågades enbart antal kollin.

Enkäten avsåg transporter företagna under 2007 med en extrapolering fram till årsskiftet eftersom enkätutskicket gjordes i november 2007.

¹ **UN-nummer** är ett unikt identifieringsnummer för varje ämne eller grupp av ämnen med samma inneboende egenskaper. Dessa nummer fastställs av FN enligt ett klassificeringssystem och används internationellt. Numren återfinns i regelverket ADR-S Bilaga A Kap. 3.2 Tabell A och B.

² **Transportindex (TI)** är högsta dosraten på 1 m från kollits yta, mätt i mSv/h multiplicerat med 100. (Det vanligaste är att man mäter i µSv/h och då dividerar mätvärdet med 10 för att få TI).

För större leverantörer med rutinmässiga och likartade transporter ansågs det tillräckligt att skicka in data för en vecka, två veckor eller en månad beroende på om tidsperioden var representativ och tillät en extrapolering till årsbasis.

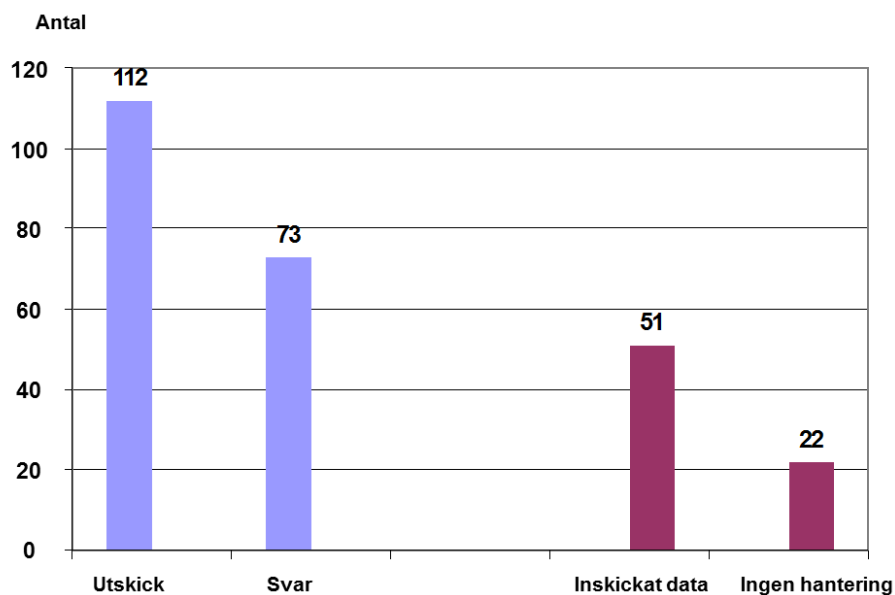
3.2. Enkätutfall

Av 112 utskick inkom 73 svar, varav 51 med svar på någon/några av de frågor som ställdes, resterande 22 sade sig inte ha några transporter av radioaktiva ämnen. Ett stort antal telefonkontakter togs för att påminna om enkäten och senare för att komplettera och förtydliga svaren, då många svar bedömdes vara ofullständiga.

Ett svarsutfall på 65 % (45 % med data) kan förefalla lågt, men eftersom mycken möda lades ned på att försöka få in uppgifter från de större aktörerna så uppskattas att 80–85 % av transporterad aktivitetsmängd har redovisats. Den största osäkerheten gäller för s.k. undantagna kollin (UN 2908–2911) där antalet kollin bör vara betydligt större än rapporterat. Detta beroende bl.a. på att de företag, som endast hade tillstånd att hantera så små aktivitetsmängder att enbart undantagna kollin kunde komma ifråga, inte ombads delta i enkäten, då studiens huvudsyfte var att studera doser till personalen.

Denna uppskattning har gjorts genom jämförelse med sammanställningar av införsel och användning av radioaktiva ämnen i Sverige som erhållits från SSM.

Figur 1: Enkätutfall

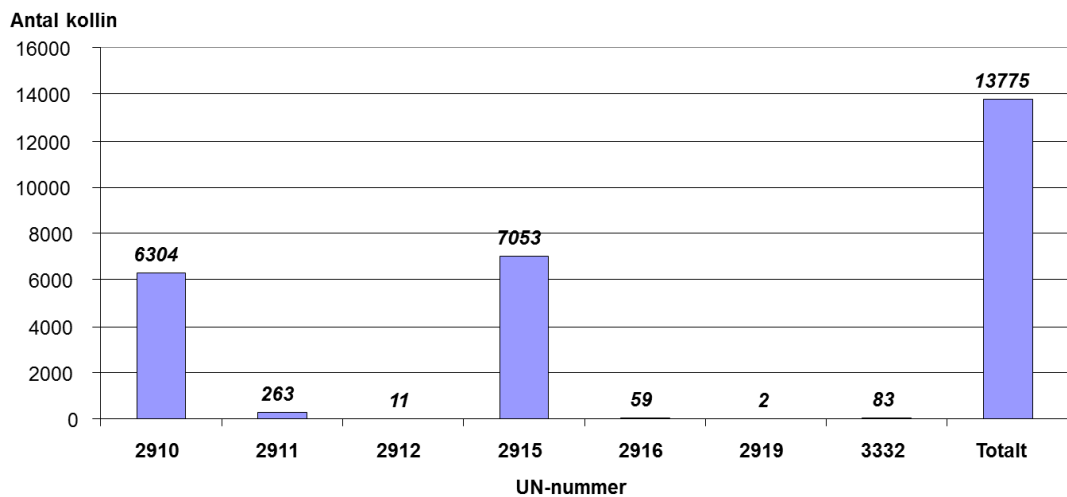


4. Transport av radioaktiva ämnen för medicinsk, vetenskaplig och industriell användning

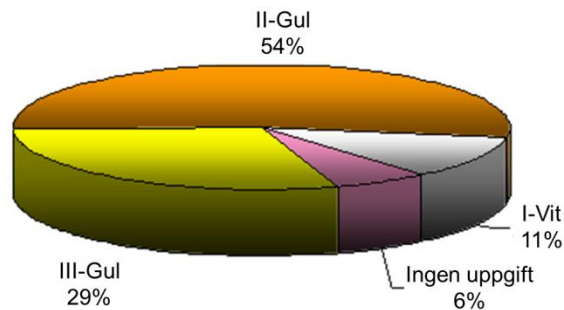
4.1. Antal och fördelning

Resultat från enkäten visar att under år 2007 transporterades minst 13775 kollin med radioaktiva ämnen på väg i Sverige, som inte härrör från kärnteknisk verksamhet. Lite knappt hälften (48 %) av rapporterade antal kollin utgörs av s.k. undantagna kollin (UN 2908, 2909, 2910 och 2911) innehållande mycket små mängder radioaktiva ämnen. Cirka 52 procent består i huvudsak av kollin av typ A med ett litet inslag av kollin av industrityp. Dessutom utgörs mindre än 0,5 % av kollin av typ B, som till övervägande del är radiograferingsutrustning.

Figur 2: Rapporterat antal kollin utanför kärnteknisk verksamhet, som transporterades på väg i Sverige år 2007 fördelat på olika UN-nummer



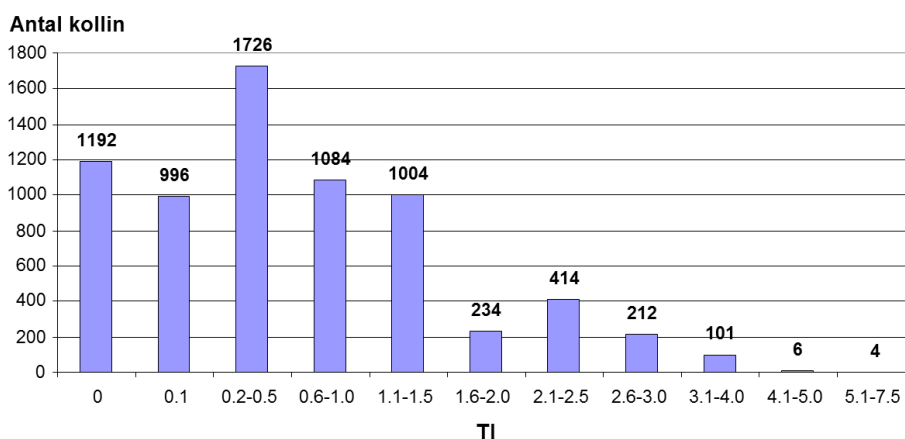
Figur 3: Fördelning i olika transportkategorier



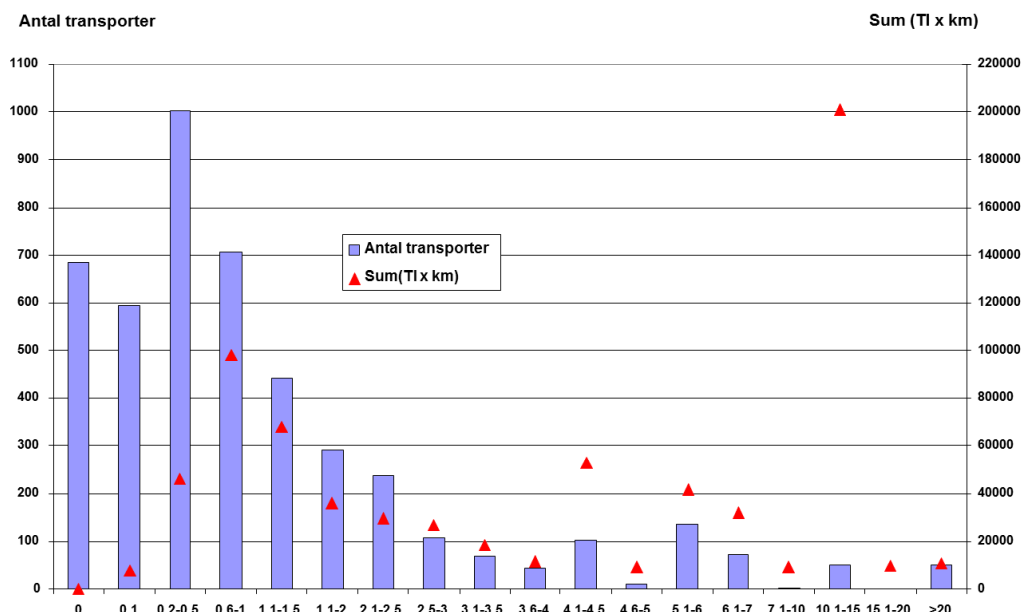
4.2. Transportindex (TI) och $\Sigma(TI \times km)$

Kollin innehållande radioaktiva ämnen som transporteras i Sverige har en stor spännvidd i fysisk storlek och vikt, aktivitetst innehåll, dosrat etc. Från några gram till ton, kBq till många TBq och dosrat på 1 meter från kollits yta varierande från 0 till nära 100 $\mu\text{Sv/h}$. I figur 4 visas antal kollin fördelade på olika TI. Det bör observeras att skalan inte är linjär. Cirka 5000 (drygt 70 %) av de rapporterade kollina har ett $TI \leq 1$. Av figur 3 framgår att fler än 80 % av kollina har en dosrat på 1 meter från kollits yta som överstiger bakgrundstrålningen, dvs. en ökad strålnivå förekommer i kollinas närhet.

Figur 4: Kollin fördelade på olika TI



Figur 5: Antal transporter och $\Sigma(TI \times km)$ fördelat på olika TI-intervall (summan av de olika kollinas TI anges som TI för transporten)



Antal kollin som transporteras och kollits dosrat (TI) är av stor betydelse, men ger inte tillräcklig information för att bedöma vilka transporter som bidrar med högst

dos till personal och till personer ur allmänheten. Summan av produkterna av dosrat (TI) och körsträcka (km) för samtliga kollin vid en viss typ av transport t.ex. radio-grafering eller transport av kollin med en speciell nuklid, bedömdes kunna ge ett bättre underlag för riskbedömning. Man bör dock vara medveten om att antalet km inte alltid motsvarar uppehållstiden nära kollit, beroende på typ av trafik (stadstrafik kontra motorväg), hantering, ev. gångavstånd etc.

4.3. Transport av radioaktiva ämnen för medicinsk och vetenskaplig användning

Idag förekommer mycket liten produktion i Sverige av radioaktiva ämnen för medicinska, tekniska eller vetenskapliga ändamål. Det mesta tas in via flyg från ett fåtal större leverantörer från framför allt Belgien, Nederländerna och Storbritannien till de större flygplatserna, framför allt Arlanda, Landvetter och Sturup. En del direkt-flyg går även till bl.a. Örebro och Umeå.

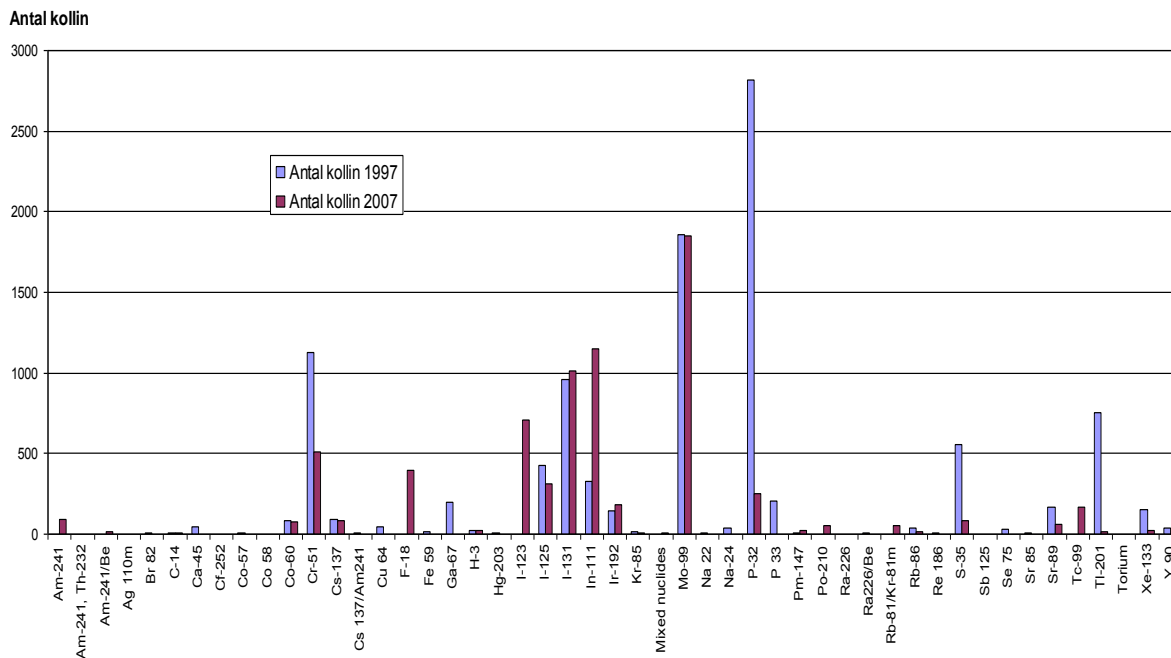
Från flygplatsterminaler, som drivs av ett fåtal större aktörer, på eller i närheten av flygplatserna, sker omlastning till bil (personbil, Van, lastbil etc.) för leverans till mottagare. Järnvägstransport används för närvarande inte för transport av radioaktiva ämnen till sjukhus, forskning och industri.

Exempel på hur transport kan utföras: En gång i veckan kommer en större sändning av kollin innehållande radioaktiva ämnen till Kastrup. Kollina hämtas där med bil och körs till en flygfraktterminal i Malmö där omlastning sker till nya fordon inför vidare transport till olika orter och mottagare i Sydsverige. Liknande transporter förekommer med ungefär samma frekvens till och från andra flygplatser i landet.

Den enda produktionen av radioaktiva ämnen för medicinsk användning som numera sker i Sverige är av kortlivade positronemitterande radionuklider. Dominerande radionuklid som produceras är Fluor-18 (F-18). Produktionen sker i dag vid tre platser i landet i anslutning till större sjukhus (Uppsala akademiska sjukhus, Karolinska universitetssjukhuset och Malmö allmänna sjukhus).

Figur 6 visar en fördelning av antal rapporterade kollin av typ A innehållande olika radionuklider samt en jämförelse med studien från 1997 [6]. Det framgår av studierna att Mo-99/Tc-99m, s.k. Teknetiumgeneratorer, och I-131 uppvisar inga eller mycket små förändringar i antal kollin. Radionukliderna F-18 och I-123 förekom praktiskt taget inte 1997, men är nu relativt frekventa. Vi kan också se en klar ökning av kollin innehållande In-111. Antal kollin av typ A innehållande P-32 har dock minskat radikalt.

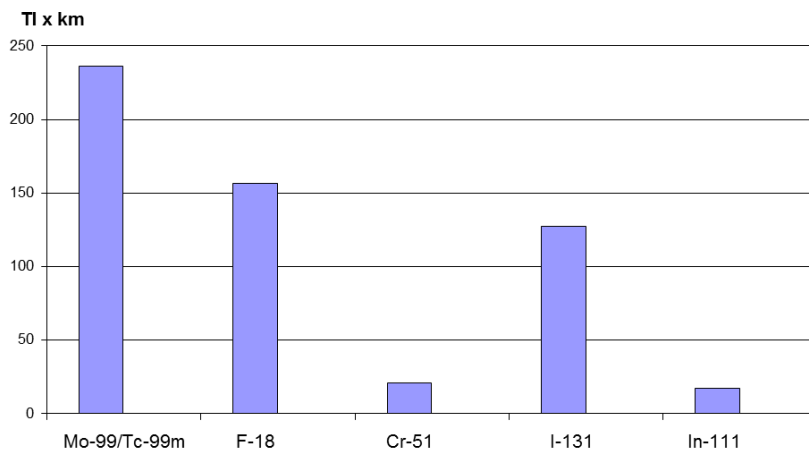
Figur 6: Antal kollin av typ A innehållande olika nuklider år 1997 och 2007.



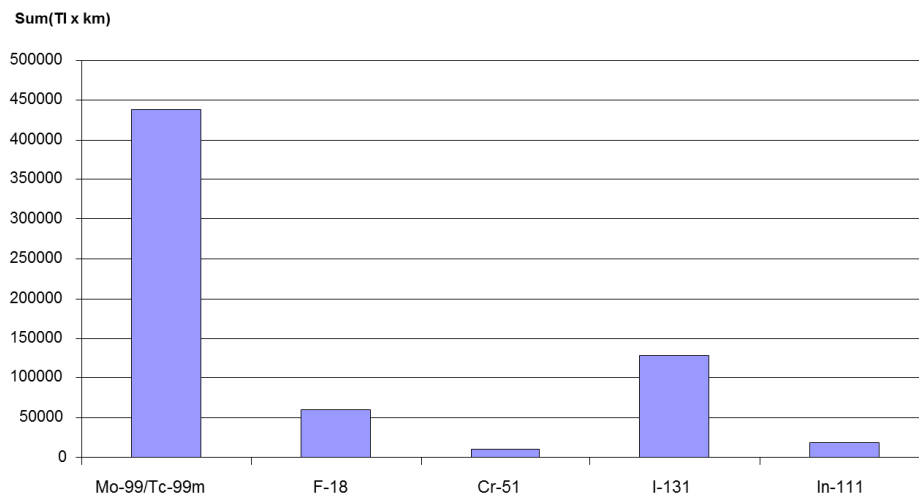
Figurerna 7 och 8 visar TI x km per kolli respektive $\sum(TI \times km)$ för några av de vanligaste nukliderna inom medicinsk och vetenskaplig användning. Inte helt oväntat visar teknetiumgeneratorerna (Mo/Tc-99m) det högsta värdet för TI x km per kolli och dominerar helt den från dossynpunkt mera intressanta $\sum(TI \times km)$.

Av figur 7 framgår att Fluor-18 har ett relativt högt värde på TI x km per kolli. Då antalet transporter av F-18 i dagsläget är förhållandevis få innebär det att dosen till förare och andra involverade i dessa transporter ändå blir förhållandevis låg. Fluor-18 är emellertid intressant eftersom trenden för produktion och användning visar på en stark ökning under de senaste åren. Det kan därför anses som befogat att följa utvecklingen av denna typ av transport under kommande år. Det har även framförts farhågor i samband med internationella möten beträffande höga persondoser vid transport av F-18, något som inte tycks vara fallet för närvarande i Sverige.

Figur 7: TI x km per kolli för några av de vanligaste nukliderna inom medicinsk och vetenskaplig användning.



Figur 8: $\sum(TI \times km)$ för några av de vanligaste nukliderna inom medicinsk och vetenskaplig användning



4.3.1. Mo-99/Tc-99m (Teknetiumgeneratorer)

Från studien har bl.a. nedanstående uppgifter framkommit vad gäller intressanta transportdata för Mo/Tc-99m:

Antal kollin år 2007	1850
TI (medelvärde för transportindex per kolli)	1,7
Körsträcka (km) per kolli i genomsnitt	139
Aktivitet per kolli i genomsnitt	118 GBq
Total aktivitet	217 TBq

Den totala transporterade aktiviteten av Mo/Tc-99m kan jämföras med vad som har rapporterats förbrukas av densamma under ett år inom medicinsk användning (ref. SSM hemsida). För 2007 var förbrukningen ca 33TBq vilket motsvarar cirka 15 % av den transporterade aktiviteten. Att så lite används har sin förklaring i bl.a. den relativt korta halveringstiden (67 timmar) samt att den högsta aktiviteten under transporten ska anges i transportdokumenten, medan 33TBq är den aktivitet som administrerats till patienter. Dessutom kan det antas att en del av den transporterade aktiviteten används inom forskningsverksamhet.

4.3.2. Fluor-18

Fluor-18 (F-18) produceras i Sverige i större skala sedan cirka 5 år tillbaka och omfattningen synes vara i växande. Som tidigare nämnts produceras nukliden i anslutning till tre större sjukhus, Uppsala akademiska sjukhus, Karolinska universitets-sjukhuset och Malmö allmänna sjukhus.

Trots att användningen kan antas fortsätta att öka, vilket med dagens produktionssätt skulle medföra allt fler transporter, kan antalet transporter av F-18 i stället komma att minska eftersom det finns planer på att starta produktion på flera platser i landet. Om flera produktionsställen kommer att medföra att även andra sjukhus än i dag

utan egen produktion börjar använda F-18 blir dock bilden en annan. Det finns alltså skäl att följa utvecklingen noggrant. För F-18 erhöles följande transportdata:

Antal kollin år 2007	393
TI (medelvärde för transportindex per kolli)	1,4
Körsträcka (km) per kolli i genomsnitt	112
Aktivitet per kolli i genomsnitt	12,2 GBq
Total aktivitet	4,8 TBq

År 2007 administrerades 1,6 TBq till patienter vilket jämfört med det som transporterades år 2007 motsvarar ca 33 %. Denna siffra är dock kraftigt missvisande som nyttjandefaktor eftersom merparten av det som administrerats till patienter har utförts på sjukhus med egen produktion av F-18 dvs. ingen extern transport av aktivitet har förekommit. Av det som transporterats har en mycket liten del administrerats, vilket verkar fullt logiskt med tanke på den korta halveringstiden på F-18, 110 min. Detta är ett starkt incitament för ett flertal större sjukhus att börja producera eget F-18.

4.4. Transport av radioaktiva ämnen för industriell verksamhet och radiografering

Strålkällor för industriell användning utgörs oftast av Co-60 och Cs-137 med ett relativt högt aktivitetsinnehåll, upp till cirka 10 GBq för Cs-137 och 30 GBq för Co-60. Strålkällorna är inbyggda i bl.a. ytvikts-, tjockleks- och densitetsmätare samt i nivåvakter. Enkäten visar att antalet kollin innehållande dessa typer av nya utrustningar är i storleksordningen 150 per år i Sverige. Det kan antas att ungefär lika många tas ur bruk per år och transporteras bort för omhändertagande som kasserade strålkällor. Radioaktiva ämnen för industriell användning omfattar även radiografering med radionuklider, s.k. gamma-radiografering. Denna typ av radiografering har minskat på senare år i Sverige, vilket bl.a. uppges bero på ökande krav för innehav av strålkällor. Traditionell röntgenradiografering och s.k. högenergiröntgen har i många fall fått ersätta gamma-radiografering. Tyvärr saknas uppgifter från en av de större aktörerna inom området, vilket ger en något bristfällig bild av det verkliga förhållandet.

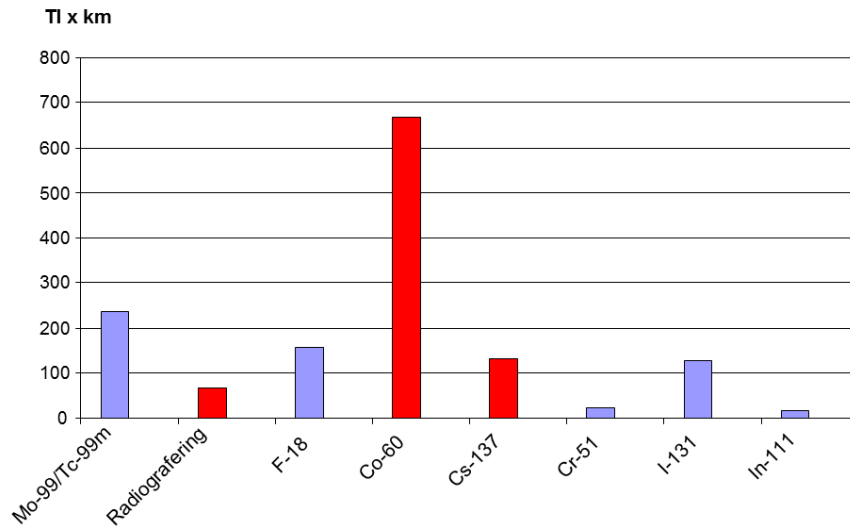
Figur 9 och 10 nedan är ett försök att åskådliggöra skillnaden i ”risk” för personal involverade i transporten att utsättas för olika strålkällor för industriellt bruk och de mest typiska för medicinsk användning.

Co-60 källor i olika industriella applikationer har ett högt TI värde och transporteras ibland mycket långa sträckor, därav det höga TI x km per kolli. Antalet transporter är dock relativt lågt vilket gör att $\sum(TI \times km)$ blir mycket lägre än motsvarande för teknetiumgeneratorerna.

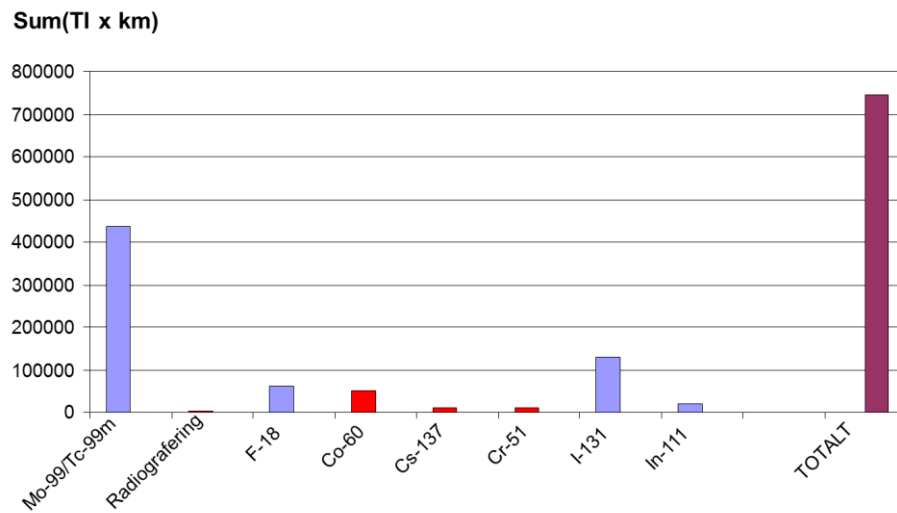
Utifrån diagrammen är radiografering inte intressant vare sig från transport av ett kolli eller totalt. Då det ofta är samma person som både transporterar och använder radiograferingsutrustningen, är det ändå en yrkesgrupp vars dosutveckling bör följas. Dessa personer bär oftast personliga dosimetrar, men det går från dosregistret inte att särskilja vilken andel av den registrerade dosen som kommer från transportmomentet. Som tidigare nämnts så saknas data från en av de större aktörerna, men att bilden skulle ändras radikalt med dessa data är inte troligt.

Noterbart är att utav totala $\sum(TI \times km)$ för de vanligaste nukliderna inom medicinsk- och industriell användning bidrar Mo/Tc-99m med nästan 60 %.

Figur 9: TI×km per kolla, till sjukhus (blå staplar) resp. industrin (röda staplar).



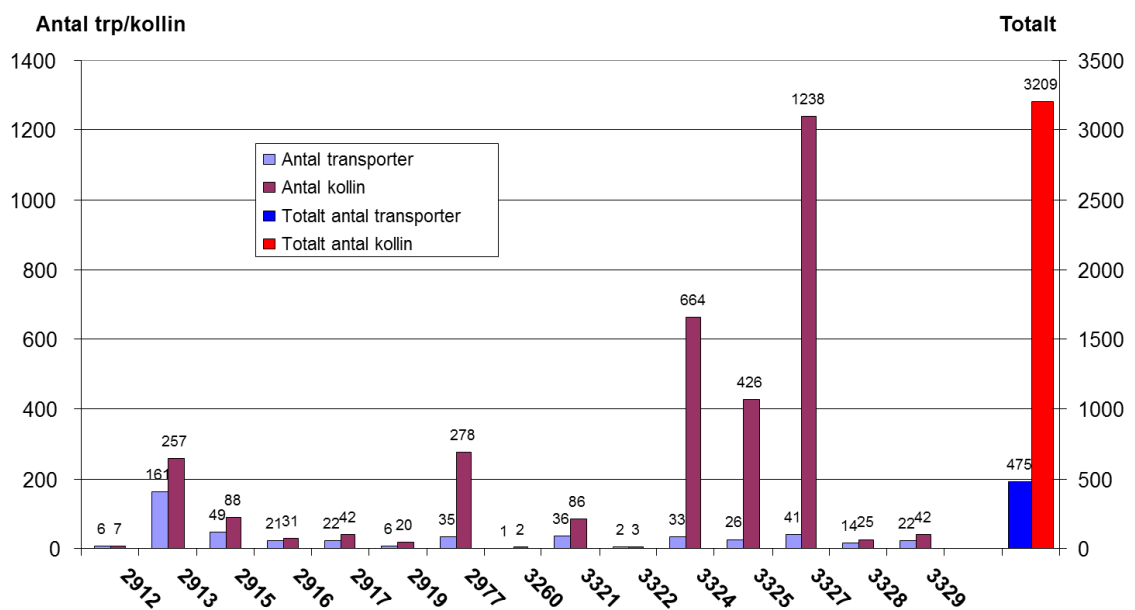
Figur 10: $\sum(TI \times km)$ fördelat på olika nuklider/verksamheter samt det totala $\sum(TI \times km)$ för dessa nuklider/verksamheter, till sjukhus (blå staplar) resp. industrin (röda staplar).



5. Transport av kärnkraftsanknutet radioaktivt material

Primärt skulle inte transport av kärnämne/kärnavfall ingå i studien. Enkäten har därför inte sänts till de kärntekniska anläggningarna, utan nedanstående uppgifter har sammanställts från de redovisningar som Strålsäkerhetsmyndigheten (tidigare SSI och SKI) rutinmässigt får inrapporterade. En stor del av dessa transporter är sjötransporter och företas med ett specialfartyg (m/s SIG YN). För denna typ av material redovisas därför såväl sjö- som vägtransporter.

Figur 11: Totala antalet transporter av kärnämne och kärnavfall år 2007 samt antal kollin av typ A och B samt IP fördelade på olika UN nummer.



6. Besök och mätningar

Ett antal arbetsplatser valdes ut för närmare studier av exponering under olika arbetsmoment. Valet av platser för besök baserades huvudsakligen på utvärderingen av figur 5 vad gäller intressanta transporter. Dessutom ansågs det värdefullt att studera nya verksamheter, som t.ex. produktion av Fluor-18 och färdigställande av dessa kollin för leverans. Platser där en större anhopning av kollin innehållande radioaktiva ämnen kan förväntas antogs vara angeläget att studera närmare t.ex. flygfraktterminaler.

6.1. Transport av Fluor-18

Besök gjordes vid en av produktionsanläggningarna för F-18. Vid detta besök var aktiviteten av F-18 vid avlämning 20 GBq med ett TI på kollit på 0,5 vilket uppgavs vara typiskt förekommande vid avsändningstillfället för den aktuella mottagaren. På ca en meter från kollits yta uppmättes 7–8 $\mu\text{Sv/h}$ med ett mätinstrument av typ SAIC Exploranium GR-100 (se bild 6). Då bakgrundsnivån i utrymmet där mätningen skedde var 2,5–3 $\mu\text{Sv/h}$ kan cirka 5 $\mu\text{Sv/h}$ antas härröra från kollits innehåll. Hämtningen av kollit gick snabbt och bestod av arbetsmomenten lyft av kollit från en bänk till en trilla och snabbt ut till bilen.

Vid samtal med representanter för företaget framgick att man nyligen bytt typ av behållare. Den nya behållaren är tillverkad av wolfram, som har en hög skärmningsförmåga och därför har TI reducerats med en faktor 5 enligt uppgift.



Bild 1: Innerbehållare tillverkad av wolfram för transport av F-18. Höjd ca 20 cm och en diameter på drygt 10 cm. Vikt ca 14 kg. Som storleksjämförelse ligger en mobiltelefon bredvid behållaren.



Bild 2: Ytteremballage tillhörande behållaren på bild 1 för F-18.

6.2. Transport av ett större antal kollin för leverans till sjukhus

Ett besök gjordes vid en omlastnings- och distributionsterminal för kollin. Ett fordon innehållande 12 stycken Mo-99/Tc-99m, 4 kollin med I-131 plus ett par UN 2910 kollin hade transporterats från en flygplats till en omlastningsterminal. Summan av transportindex i fordonet var något över 30. Föraren hade i förväg försetts med både TL-dosimeter samt en elektronisk persondosimeter, Siemens EPD Mk2.3 (se bild 7).

Transporten från flygplatsen till en flygfraktsterminal (terminal 1) tog ca 0,5 h. Föraren uppgav att dosimetern visade 8 μSv då han lämnade flygplatsen efter att ha lastat godset i fordonet. När fordonet anlände till terminalen efter 30 minuters körning och en körsträcka på 20 km visade den elektroniska dosimetern på 34 μSv . En uppdelning av godset gjordes vid terminal 1 på så sätt att 5 kollin innehållande Mo-99/Tc-99m och 5 andra kollin lastades av för att transporteras med ett annat fordon. Resterande 7 Mo-99/Tc-99m kollin plus ett annat kolli var kvar på fordonet, men flyttades längst bort från förarhytten. Fordonet med samme förare kördes 300 km till en andra flygfraktsterminal (terminal 2) där en ny omlastning till andra fordon görs för leverans till sjukhusen i närområdet. Ett kolli innehållande Mo-99/Tc-99m fanns då kvar på fordonet för att levereras till ett sjukhus ca 160 km från terminal 2.

Vid full last vid terminal 1 uppmättes strålnivån inne i förarhytten till 60–70 $\mu\text{Sv/h}$. Allmännivån i lastutrymmet var drygt 200 $\mu\text{Sv/h}$. Uppdelning av godset och att resterande kollin placerades längst bak i bilen medförde att dosrättnivån i förarhytten minskade till ca 15 $\mu\text{Sv/h}$. Således en reduktion med minst en faktor 4. Tabellen nedan visar uppmätta dosrater i förarhytt vid olika tidpunkter.

Tabell 1: Dosavläsningar (elektronisk persondosimeter) i förarhytten, dosratsavläsningar i förarhytt mm.

	Avläst värde på elektronisk dosimeter vid ankomst	Avläst värde på elektronisk dosimeter vid avfärd	Beräknad dos under hantering	Beräknad dos under körning	Körsträcka km	Uppmätt dosrat i förarhytten
Flygplats	0	8 µSv	8 µSv			
Terminal 1	34 µSv	40 µSv	6 µSv	26 µSv	20	60 - 70 µSv/h
Terminal 2	?	79 µSv	?	?	300	15 µSv/h
Sjukhus	?	82 µSv	?	?	160	?

Totaldosen till föraren enligt den elektroniska dosimetern blev denna dag 82 µSv. Tyvärr så gjordes inga avläsningar av dosimetern vid ankomst till Terminal 2 eller till sjukhuset, men att anta att ca 6 µSv utgörs av dos under hantering verkar rimligt. Hanteringsdosen skulle då bli 20 µSv, dvs. 25 % av den totala dosen. Att hanteringsdosen inte bidrar med mer, har i detta fall sin förklaring i att vid omlastningen vid den första terminalen (terminal 1) togs endast de kollin ut som skulle vidare med annat fordon.

Hantering av de kollin som skulle transporteras vidare i samma fordon innebar att de placerades längre bak i lastutrymmet och säkrades. Detta medförde att dosraten i förarhytten sjönk från cirka 60–70 µSv/h till cirka 15 µSv/h. Det kan noteras att förarens elektroniska dosimeter visar på 34 µSv vilket överensstämmer väl med den uppmätta dosraten på 60–70 µSv/h och en körtid på 30 minuter. Tidsmässigt utfördes hela omlastningen på mindre än 5 min.



Bild 3: Fullastat fordon vid ankomst till Terminal 1 samt uppmätta dosrater i förarhytt och lastutrymme.



Bild 4: Efter omlastning för avfärd från Terminal 1 till Terminal 2.

6.3. Besök vid två flygfraktkomplex

Besök gjordes vid två olika flygfraktkomplex. Vid båda tillfällena förekom det mycket liten verksamhet med klass 7 kollin.

På flygfraktkomplex A fanns vid besöket i ”Radiak” rummet (ett litet utrymme med ståldörr) 13 stycken kollin UN 2910 plus ett kolli av typ A innehållande Mo-99/Tc-99m med TI på 1,9.

Egen mätning (med mätinstrument SAIC Exploranium GR-100) på ca 1m gav 20,5 $\mu\text{Sv/h}$ (mätningen utfördes med kollit utanför rummet).

Vidare fanns två kollin UN 3332 innehållande Ir-192 med TI 0 respektive TI 0,6. Allmännivån i rummet låg på ca 4–5 $\mu\text{Sv/h}$ och strax utanför med ståldörren stängd uppmättes ca 2–3 $\mu\text{Sv/h}$. Intervju med säkerhetsrådgivaren tyder på att personalen vistas mycket korta tider i rummet (enbart för att ställa in resp. ta ut kollin). Ingen stadigvarande verksamhet förekommer i direkt anslutning till förrådsutrymmet. Tio personer bar här TL-dosimeter under 2 månader. Ingen dos över bakgrunds-nivån registrerades.

Val av tidpunkt för besöket vid flygfraktkomplex B visade sig vara felaktigt, då enbart tre kollin (UN 2915) innehållande I-123, samtliga med TI 0,1 fanns där. Detta trots tidiga kontakter med berörda, vilket visar på att varsel-tiden vid transporter verkar vara mycket kort.



Bild 5: ”Radiak” rummet med ståldörr. I förgrunden en teknetiumgenerator med TI 1,9.

7. Individdoser från transport av radioaktiva ämnen

Urvalet av personer för bärande av personlig dosimeter (som placeras på bålen) av TLD typ baserades i stort på samma underlag som vid val av platser för besök, dvs. ny verksamhet, större anhopning av kollin med radioaktiva ämnen samt intressanta transporter utifrån figur 5.

23 personer valdes ut varav fem personer av dessa även fick bära handdosimeter (en dosimeter som bärs runt handleden för att speciellt registrera dos till händerna).

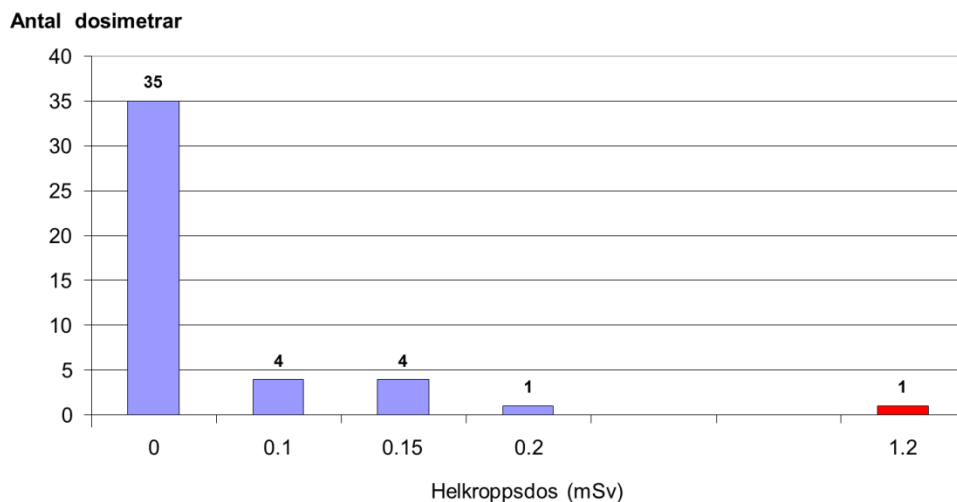
7.1. Resultat från utvärdering av dosimeterar

Av figur 12 framgår att av 46 månadsvisa utvärderingar av helkroppsdos visade 35 dosimeterar ingen dos överstigande bakgrundsvärdet. Samtliga övriga dosimeterar förutom en visade 0,2 mSv eller mindre. Det högsta registrerade värdet var 1,2 mSv. Denna dosregistrering har emellertid inte gått att verifiera utifrån någon incidens eller avvikande hantering. Personen ifråga bar också handdosimeter, vilken visade 0,2 mSv. Månaden innan registrerades 0,1 mSv helkroppsdos respektive 0 mSv i handdos för personen ifråga. Det kan därför inte uteslutas att värdet på 1,2 mSv är felaktigt. Ytterligare mätningar bör därför göras.

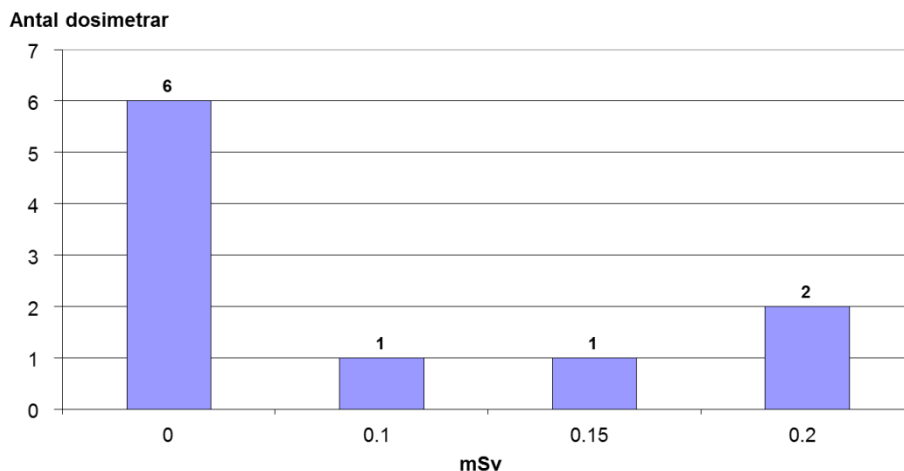
De dosimeterar där en månadsdos över 0,1 mSv registrerades bars i samtliga fall av fordonsförare. Ingen terminalarbetare (hanterare) erhöll någon mätbar dos.

Vid utvärderingen av de tio handdosimeterna visade fyra en registrerbar dos.

Figur 12: Antal månadsvisa dosimeterutvärderingar (bål). Den "avvikande" helkroppsdosen har för tydlighetens skull inlagts separat (röd stapel).

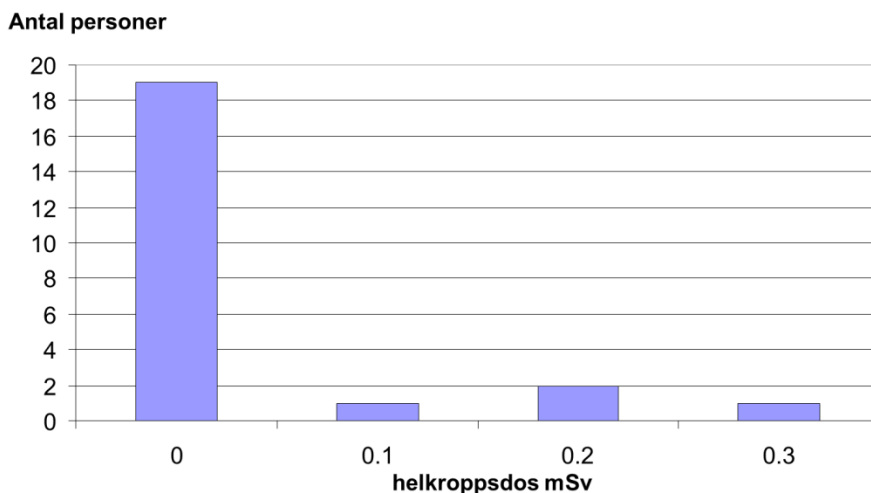


Figur 13: Antal månadsvisa dosimeterutvärderingar (hand)



Några transportföretag, speciellt de som rutinmässigt transporterar från eller till kärntekniska anläggningar har försett berörd personal med personliga dosimetrar. Detta gäller även personal vid flygfraktkterminal B. Dessutom används dosimetrar av t.ex. radiograferare, men det går inte att i detta fall särskilja dos från transport respektive annat arbete. Som förväntat är individdoserna mycket små, endast fyra personer har fått en registrerbar årsdos där den högsta är 0,3 mSv.

Figur 14: Rapporterade årsdoser (helkropp) till personal som utför transport av radioaktivt material (information hämtad från nationella dosregistret).



Studien har visat på att det kan finnas avvikelser som inte gått att förklara i jämförelsen mellan resultaten från TLD och elektronisk dosimeter, och som det ansågs önskvärt att studera vidare. Detta var bl.a. fallet vid mätningarna som redovisas i avsnitt 6.2 vid transport av bl.a. ett flertal Mo-99/Tc-99m. Personen som utförde transporten fick ca 80 μ Sv på denna enda resa enligt mätning med den elektroniska dosimetern, vilket verifierades av uppmätt dosrat i förarhytten och vistelsetid. Varje månad utför personen ytterligare minst en liknande transport, vilket skulle innebära

en dos av cirka 160 μSv på en månad. Detta värde ligger högt över den minsta detekterbara nivån på TL-dosimetern, som är 50 μSv . Trots detta visade TL dosimetern 0 mSv. Grovt räknat erhålls ungefär 20 μSv vid lastning och lossning av godset. Resterande 60 μSv kan därför hänföras till själva transporten. Föraren uppger att han under tiden i fordonet lagt den elektroniska dosimetern bredvid sig på passagerarsätet. TL-dosimetern bärs på främre delen av bålen, och är därför skärmd av kroppen under färden, medan den elektroniska dosimetern således befann sig på en plats motsvarande där ryggen befinner sig. Detta kan i viss mån förklara de olika registreringarna, men inte helt. Ännu mera märkligt är att även handdosimetern visade 0. Påföljande månad registrerades personen för en helkroppsdos på 0,1 mSv (100 μSv) och en handdos på 0,15 mSv.

Det är naturligtvis svårt att dra några slutsatser från endast en mätning vid ett tillfälle. Ytterligare studier krävs därför för att utreda den verkliga dosen till en person med dessa arbetsuppgifter. Speciellt med tanke på att arbetets omfattning snabbt kan utökas från 2 dagar per månad till fler, och dosraten på arbetsplatsen kan anses relativt hög. Ett försök att göra en noggrannare studie av dos till förarna redovisas i avsnitt 7.2.

7.2. Uppskattning av doser till förarna

Kunskap om vilka transporter som är mer doskrävande än andra och vilka förare som vanligtvis utför dessa transporter erhöles från den tidigare studien. Transporter av Tc-generatorer visade sig vara av störst intresse. Tre förare av denna typ av transporter valdes ut att bära TL dosimeterar under tre månader (september till november 2009). Varje förare fick tre dosimeterar för att placera:

- 1) på framsidan av kroppen (brösten),
- 2) baktill i höjd med skulderbladet samt
- 3) oskrämd i förarhytten (alla tre valde att hänga dosimetern i backspegeln).

Under de här månaderna förde förarna körjournaler över lastnings- och lossningstider, körtider, TI (transportindex) lastat samt TI lossat vid varje tillfälle. Dosimeterarna byttes och utvärderades efter en månads användning.

Projektledaren erhöles tillstånd från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap att medfölja vid ett antal transporter av klass 7 gods för att under färd samt under speciella moment utföra dos- och dosratsmätningar. Tre transporter valdes utifrån relativt långa körtider och förväntade ”hög” totala transportindex (TI) samt i övrigt typiska förhållanden för transport av radiopharmaca i Sverige.

Sverige är ett land utan produktion av andra radiopharmaca än kortlivade positronstrålar. Radiofarmaka såsom Tc-generatorer måste därför importeras och tas in via olika flygplatser för vidare distribution till ett mindre antal stora sjukhus dit verksamheten är koncentrerad. En av de valda transportererna uppfyllde inte kriterierna om ”hög” TI på grund av leveransproblem. Projektledaren valde ändå att utföra mätningar under denna transport. Utifrån körjournalerna kan dessa tre transporter sammanfattas i nedanstående tabell.

Tabell 2: Körjournal

Trp	Last min	TI	Körtid min	Loss min	TI ut	Körtid min	Loss min	TI ut	Körtid min	Loss min	TI ut	Körtid min	Loss min	TI ut
A	10	6.5	45	10	1.8	30	15	2.3	140	10	1.5	95	10	0.9
B	15	3.4	150	10	2.1	75	5	1.3						
C	5	23.7	20	10	8.2	40	15	1.8	130	10	11.4	110	5	2.3

Som synes varierar summan av TI, men i samtliga fall är körtiderna långa. Det bör noteras att tidsangivelserna för framför allt lossning är överskattade, eftersom de i de flesta fall anger tiden mellan ankomst och avfärd, dvs. ca halva tiden befinner sig personen inte i något strålfält.

De mätningar som utfördes av projektledaren under pågående transporter utgjordes bl.a. av dosratsmätning med handinstrument SAIC Exploranium GR-100 (se bild 6). Mätningar gjordes i lastutrymmet, någon meter utanför bilens lastutrymme med dörrarna stängda samt inne i förarhytten. För att få ett begrepp om hur mycket kroppen skärmar, utfördes även mätningar med instrumentet nära framsidan på kroppen ungefär i brösthöjd.

Vidare bars (dock ej av föraren) hela tiden en elektronisk persondosmätare, SIEMENS EPD (Electronic Personal Dosemeter) (se bild 7). Denna var placerad i projektledarens vänstra bröstficka. Orsaken till att föraren inte var bärare av EPD:n berodde på önskan att under den kontinuerliga mätningen om möjligt segregera ut dosen för lastning och lossning. Detta kräver ett ständigt ett vakande öga på dosimetern. Vetskapen om att inte "rätt" person bar dosimetern med risk för ett "avvikande" dosvärde fanns och projektledaren sökte agera vid hanteringsmomenten på liknande sätt som föraren. Därför kan antas att ett dosvärde helt oberoende av vilken person som bar dosimetern erhöles.



Bild 6: SAIC Exploranium GR-100



Bild 7: SIEMENS EPD (Electronic Personal Dosemeter)

Tabell 3: Data om Mo-99 and Tc-99m från *Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC), Radiation Safety Data Sheets Ref. 7*

	Half life	Principal Emissions	Average Energy (MeV)	Maximum Energy (MeV)	Dose Rate at 1m Distance (mSv/h*GBq)	Recommended Shielding *
Mo-99	66 hours	Gamma & X-rays	0,74		0,03	20 mm Pb
		Beta	0,44	1,23	6,3	
Tc-99m	6 hours	Gamma & X-rays	0,14		0,03	1 mm Pb
		Beta				

* Värdet anger vilken blytjocklek som krävs för att minska dosraten till en tiondel.

Av tabell 3 fås att 50 % av jämvikten mellan nukliderna uppnås efter sex timmar och efter ytterligare sex timmar 75 %. osv Innan transporter utförs på svenska vägar så kan man anta full jämvikt mellan nukliderna eftersom generatorerna är minst ett dygn gamla. Som synes av tabellen så är gammakonstanten i stort den samma för båda nukliderna, men beroende på den väsentligt högre gammaenergin, (drygt en faktor fem) hos Mo-99 jämfört med Tc-99m så fordras en betydligt kraftigare skärmning. Detta medför att dosbidraget från Tc-99m endast är några procent av det totala vid transport.

Aktivitetmängden i generatorerna varierar utifrån kundens önskemål. Mindre generatorer innehåller ca 35 GBq medan de större innehåller upp till 230 GBq. Detta ger TI värden varierande mellan ca 0,7–2,7 per kולי. Beroende på leverantör kan utformningen av generatorerna och inte minst mängden skärmande material variera, vilket gör att samma mängd aktivitet i kollit kan ge stora skillnader i TI.

Oftast transporteras inom Sverige endast 2–4 generatorer i varje fordon med ett totalt TI mellan 3 till 7. Som transportfordon används mestadels vanliga personbilar typ Volkswagen Caddy eller Volvo V70. Dessutom utförs transporter av ett större antal Tc-generatorer mellan Kastrup och Malmö flygfraktkterminal normalt en gång per vecka, då ett fordon av typen Volkswagen Transporter används. Vanligtvis ligger TI på denna transport runt 24, men det förekommer även betydligt högre TI. Normalt består lasten av 12 generatorer och ett par kollin med I-131. Efter omlastning i Malmö där ca 8 till 9 TI lastas av (4–5 generatorer), fortsätter transporten upp till Landvetter. I denna typ av fordon finns möjlighet att skapa ett större avstånd mellan gods och förare för att sänka strålnivån i förarhytten. Skärmningen är i stort densamma på samtliga bilar även om skiljeväggen mellan förarhytt och lastrum i VW Transporter ser robustare ut (se bild 10).

Att sätta upp någon form av skärmning mellan lastrum och förarhytt skulle kanske vara möjligt för att reducera dosbidraget under körning. En enkel blyfilt med ca 0,6 cm blykvivalent borde kunna minska strålnivån i hytten med ca 25–30 %.



Bild 8: Volkswagen Caddy



Bild 9: Volvo V70



Bild 10: Volkswagen Transporter

7.2.1. Mätresultat

Som tidigare nämnts så utfördes mätningar i lastutrymmet, någon meter utanför bilens lastutrymme med dörrarna stängda samt inne i förarhytten. För att få ett begrepp om hur mycket kroppen skärmar, utfördes även mätningar med instrumentet nära framsidan på kroppen ungefär i brösthöjd.

Mätresultaten finns sammanställda i tabell 4. Det dosratvisande instrumentet uppvisade emellertid stora fluktuationer, speciellt vid höga dosrater. Tabellen anger ett uppskattat medelvärde.

Transport C hade fullt lastrum såtillvida att lastrumsgolvet var full täckt, vilket gjorde att gods fanns alldeles intill avskiljarväggen mot förarhytten. Vid de båda andra transporterna samt efter 1:a lossningen vid transport C placerades godset längst bak i lastrummet. Detta bör vara förklaringen till varför dosraten utanför fordonet vid transport C var lägre än i förarhytten efter lastning.

Tabell 4: Dosrats-och dosmätningar

Trp		Dosrat ($\mu\text{Sv/h}$)				Dos (μSv)
		Last- rum	Utanför fordonet	Förar- hytt	Skärmad av krop- pen	Elektronisk persondosime- ter EPD
A	Efter lastning	116	40	24	2,2	3
	Efter 1:a lossningen	86	30	12	1,2	7
	Efter 2:a lossningen	36	15	4,5	0,7	11
	Efter 3:e lossningen	10	5	2,7	0,5	19
	Efter 4:e lossningen					21
B	Efter lastning	17	15	4	1,4	2
	Efter 1:a lossningen	6	5	2,1	0,6	7
	Efter 2:a lossningen					11
C	Efter lastning	200	60	70	15	4
	Efter 1:a lossningen	150	40	15	5	15
	Efter 2:a lossningen	130	30	12	5	37
	Efter 3:e lossningen	20	7	1,2	0,6	81
	Efter 4:e lossningen					86

7.2.2. Uppskattning av dos utifrån dosrat och tid

Att kombinera tabell 2 och 4 skulle ge en fingervisning om överensstämmelsen mellan dosratmätning och dosmätning med elektronisk dosimeter. Det är dock svårt att jämföra eftersom EPD dosen innehåller såväl färd- som hanteringsdos dvs. den elektroniska persondosimetern (EPD) visade i de flesta fall samma dosvärde före som efter lossning. Det var enbart vid lastning som det var möjligt att få någorlunda säkra dosuppgifter för hantering från den elektroniska dosimetern och i samband med en omlastning (tabell 4). I övrigt var dosen för låg för att med säkerhet kunna hänföra den till själva hanteringen av godset.

Som synes av tabell 5 så finns en väldigt svag korrelation mellan beräknad dos (kolumn 5) och dosvärde från EPD (kolumn 8) även om det vid första anblicken verkar stämma någorlunda väl för transporter B och C. Men vid en närmare granskning så finns tydliga skiljaktigheter i några delvärden även om den totala dosen för transporten verkar stämma. Beräknad dos utifrån skärmad (kroppsskärmad) dosratmätning (kolumn 7) och dosvärde från EPD (kolumn 8) visar ännu större skillnader.

Tabell 5: Färddoser uppmätta av projektledaren. Siffror inom parentes är ökningen från föregående rad dvs. visar dosökningen från föregående lossning.

Trp		Körtid timmar	Dosrat förarhytt ($\mu\text{Sv/h}$)	Beräknad dos (μSv)	Dosrat skärmad ($\mu\text{Sv/h}$)	Beräknad dos (skärmad) (μSv)	EPD (μSv)
A	Fram till 1:a lossning	0,75	24	18	2,2	1,7	7
	Fram till 2:a lossningen	0,5	12	24(6)	1,2	2,3(0,6)	11(4)
	Fram till 3:e lossningen	2,33	4,57	35(11)	0,7	3,9(1,6)	19(8)
	Fram till 4:e lossningen	1,58	2,7	39(4)	0,5	4,7(0,8)	21(3)
	Efter 4:e lossningen Σ			39		4,7	21
B	Fram till 1:a lossning	2,5	4	10	1,4	3,5	7
	Fram till 2:a lossningen	1,25	2,1	12,5(2,5)	0,6	4,3(0,8)	11(4)
	Efter 2:a lossningen Σ			12,5		4,3	11
C	Fram till 1:a lossning	0,33	70	23	15	5	11
	Fram till 2:a lossningen	0,67	15	33(10)	5	8,3(3,3)	37(26)
	Fram till 3:e lossningen	2,17	12	59(26)	5	19,1(10,8)	81(44)
	Fram till 4:e lossningen	1,83	1,2	61(2)	0,6	20,2(1,1)	86(5)
	Efter 4:e lossningen Σ			61		20,2	86

Tidsangivelserna för framför allt lossning i tabell 6 får anses osäkra då de anger tiden mellan ankomst och avfärd, dvs. ca halva tiden befinner sig personen inte i något strålfält.

Av tabell 7 framgår att dosen för en hel dags körning blev i ett fall 3 gånger högre genom uppskattning av dosen utifrån dosratsmätning jämfört med dosregistreringen med EPD. I ett annat fall en faktor 2 högre och i det tredje fallet enbart ca 20 % högre.

Gemensamt för de olika fallen är dock att dosen överskattas med dosratsmätning. Att försöka bestämma dosen vid hantering utifrån dosrat och tid är nästan omöjligt. Vid speciellt lastning och i två fall vid lossning/omlastning till andra fordon, rör sig personen inom ett område med en högst varierande dosrat. Uppskattad dosrat vid hantering (tabell 6, kolumn 6) och dosresultatet (tabell 6, kolumn 7) får därför ses som en ”intelligent gissning” utifrån den visuella bilden av hur lastningarna och omlastningen gick till. Trots det så verkar den uppskattade hanteringsdosen bli alltför stor jämfört med EPD dosen.

Det mera statistiska förhållandet i förarhytten under körning borde kunna ge ett dosvärde i bättre överensstämmelse med EPD dosen, men här kommer problemet med dosratsinstrumentets riktningssäklighet in. Beroende på hur instrumentet riktas i förhållande till ”strålkällorna” i lastrummet avläses olika värden. I ett försök att hålla instrumentet i närheten av den plats där EPD:n fanns, dvs. vänster bröstficka, så blev den beräknade dosen en faktor 4–5 lägre än EPD dosen (tabell 5).

Tabell 6: Hanteringsdoser

Trp		Hante- te- rings- tid (h)	Dosrat i lastrum ($\mu\text{Sv/h}$)	Dosrat utanför ($\mu\text{Sv/h}$)	Uppskattad dosrat vid hantering ($\mu\text{Sv/h}$)	Beräknad dos vid hantering (μSv)	EPD (μSv)
A	Lastning	0,17	116	40	80	14	3
	1:a lossningen	0,17	116	40	20	4(18)	
	2:a lossningen	0,17	86	30	23	4(22)	
	3:e lossningen	0,25	36	15	15	4(26)	
	4:e lossningen	0,17	10	5	9	1(27)	
B	Lastning	0,25	17	15	16	4	2
	1:a lossningen	0,17	17	15	20	4(8)	
	2:a lossningen	0,08	6	5	13	1(9)	
C	Lastning	0,08	200	60	130	10	4
	1:a lossningen	0,17	200	60	80	14(24)	3
	2:a lossningen	0,17	150	40	23	4(28)	
	3:e lossningen	0,25	130	30	30	8(36)	
	4:e lossningen	0,17	20	7	23	4(40)	

Tabell 7: Färd- plus hanteringsdoser

Transport	Beräknad dos utifrån dosratsmätning (μSv)	EPD dos (μSv)
A	66	21
B	21,5	11
C	101	86

7.2.3. Uppskatta dos utifrån TI och tid (TI x h), korrelerat till dos från elektronisk persondosimeter

Som tidigare nämnts så har förare fört körjournaler som innehåller tid för lastning, antalet TI, körtid mellan lossningsställena, tid för lossning samt antalet TI lossat vid varje tillfälle. Med uppgifter från tabell 2 har produkten TI x h för varje enskild körsträcka respektive hanteringsavsnitt beräknats. Resultatet är sammanställt i tabell 8.

Tabell 8: Beräknade TI x h

	Transport A	Transport B	Transport C
Tid lastning (h)	0,17	0,25	0,08
TI	6,50	3,40	23,70
TI x h	1,08	0,85	1,98
Körtid (h)	0,75	2,50	0,33
TI x h	4,88	8,50	7,90
Tid 1:a lossning (h)	0,17	0,17	0,17
TI ut	1,80	2,10	8,20
TI x h	0,30	0,35	1,37
Körtid (h)	0,50	1,25	0,67
TI x h	2,35	1,63	10,33
Tid 2:a lossning (h)	0,25	0,08	0,25
TI ut	2,30	1,30	1,80
TI x h	0,58	0,11	0,45
Körtid (h)	2,33		2,17
TI x h	5,60		29,68
Tid 3:e lossning (h)	0,17		0,17
TI ut	1,50		11,40
TI x h	0,25		1,90
Körtid (h)	1,58		1,83
TI x h	1,43		4,22
Tid 4:e lossning (h)	0,17		0,08
TI ut	0,90		2,30
TI x h	0,15		0,19

7.2.4. Viktningsfaktor (EPD dos/TI x h)

Det bör finnas en relation mellan TI x h och uppmätta värden med den elektroniska dosimetern. Tabell 9 visar kvoten mellan EPD värdena och TI x h. Denna kvot bör vara konstant under förutsättning att liknande bilar används dvs. mindre transportfordon.

En fråga man kan ställa sig är om inte dosen från EPD:n är kraftigt underskattad på grund av kroppskärmning då den var placerad i vänster bröstficka på projektledaren, på samma sätt som TL dosen. Som nämndes i början så erhöles ca 80 µSv med EPD vid en transport från Kastrup till Landvetter med EPD:n fritt liggande på passagerarsätet. Vid en senare transport mellan Kastrup och Landvetter uppmättes 86 µSv och

då med EPD:n i vänster bröstficka. Trots att placeringen av dosimetern var olika så erhöles i stort samma dosvärde. TI för de båda transportererna var något olika men i detta fall av mindre betydelse. Kanske dosimeterplaceringen i passagerarens vänstra bröstficka gör den mindre skärmad, dvs. dosimetern hamnar mitt i förarutrymmet och kroppsvridningen är mer åt vänster.

Tabell 9: Kvoten EPD dos/TI x h från körning och hantering.

Trp		TI x h	EPD dos μSv	EPD dos/ TI x h
A	Efter 1:a lossningen	6,26	7	1,12
	Efter 2:a lossningen	9,19(2,93))	11(4)	1,37
	Efter 3:e lossningen	15,05(5,85)	19(8)	1,37
	Efter 4:e lossningen	16,63(1,58)	21(2)	1,27
B	Efter 1:a lossningen	9,7	7	0,72
	Efter 2:a lossningen	11,45(1,75)	11(4)	2,29
C	Efter 1:a lossningen	11,25	15	1,33
	Efter 2:a lossningen	22,03(10,78)	37(22)	2,04
	Efter 3:e lossningen	53,61(31,58)	81(44)	1,39
	Efter 4:e lossningen	58,03(4,42)	86(5)	1,13

Mätningarna uppvisar en förvånansvärd god korrelation där 7 av 10 kvoter (EPD dos/ TI x h) ligger mellan 1,1 och 1,4, se tabell 9. Medelvärdet för de 10 kvoterna blir 1,4. Men för transport B efter första lossningen, med en EPD dos på 7 μSv, skulle en kvot på dryga 1,4 klart överskatta dosen. Orsaken till den låga kvoten kan vara att endast två Tc generatorer fraktades, vilka naturligtvis ställdes längst bak och ett större avstånd till förarhytten erhöles jämfört med de andra transportererna. Under samma transport, men efter andra lossningen, kommer en kvot på 1,4 att underskatta dosen. Den höga kvoten beror sannolikt på en låg dos under en lång tid där bakgrunden spelar en större roll och där varje μSv påverkar relativt sett mer resultatet. Det kan dock vara en ren tillfällighet att kvoten blev hög. Vid transport C anges tiden för den andra lossningen till 15 min, men tog i realiteten högst 5 min. Resterande 10 min använde projektledaren för att försöka få fram ett godtagbart energispektrum av strålningen från godset. Detta misslyckades dock men under de 10 min befanns EPD:n i ett betydligt starkare strålfält dvs. ett betydligt högre värde på TI x h än vad som framgår av tabell 8. En extra dos på 4–5 μSv kan antas vara rimligt och förklarar till en viss del avvikelserna.

Tabell 10 visar att användning av en kvot på 1,4 underskattar hanteringsdosen betydligt, vilket är naturligt med tanke på närheten till godset vid hantering kontra körning. Kvoten mellan EPD dos och TI x h vid hantering verkar ligga nära det dubbla (medelvärde 2,3) mot kvoten som erhöles från körning med hantering inkluderat. Nu är det inte alldeles säkert så vid vanlig lossning av ett eller ett par kollin, eftersom man vid de tillfällena tar godset ur bilen för att ställa på ”trillan” (se bilderna 6 och 7) utan att man någon längre tid exponeras av övrigt gods. Dessutom är då avståndet till bröst ca 1m i många fall, dvs. jämförbart med avståndet vid körning. Vidare kan, som tidigare nämnts, tiden vid lossning vara överskattad och då även TI x h, eftersom lossningstid i många fall betraktas som tiden mellan ankomst och avfärd.

Tabell 10: Kvoten EPD dos/TI x h vid hantering.

Trp		Tl×h	EPD μSv	EPD dos/ Tl×h
A	Lastning	1,08	3	2.78
B	Lastning	0,85	2	2.35
C	Lastning	1,98	4	2.02
	1:a lossningen	1,37	3	2.19



Bild 6: Lossning av gods



Bild 7: Transport till mottagaren

Tabell 11: TI x h fördelat på körning och hantering.

Trp	TIxh vid körning	TIxh vid lastning och om- lastning	TIxh vid vanlig lossning	TIxh vid hantering Σ kol 3 och 4	TIxh totalt	Andel hantering av det totala TIxh
A	14,27	1,08	1,28	2,36	16,63	14 %
B	10,13	0,85	0,47	1,32	11,45	12 %
C	52,13	5,25	0,63	5,9	58,03	10 %

Utifrån beräkning av TI x h blir andelen hanteringsdos mindre än 15 % av den totala. Om 15 % antas, kan en kvot (viktningfaktor) på $(0,15 \times 2,3) + (0,85 \times 1,4) = 1,54 \sim 1,6$ vara rimlig att använda.



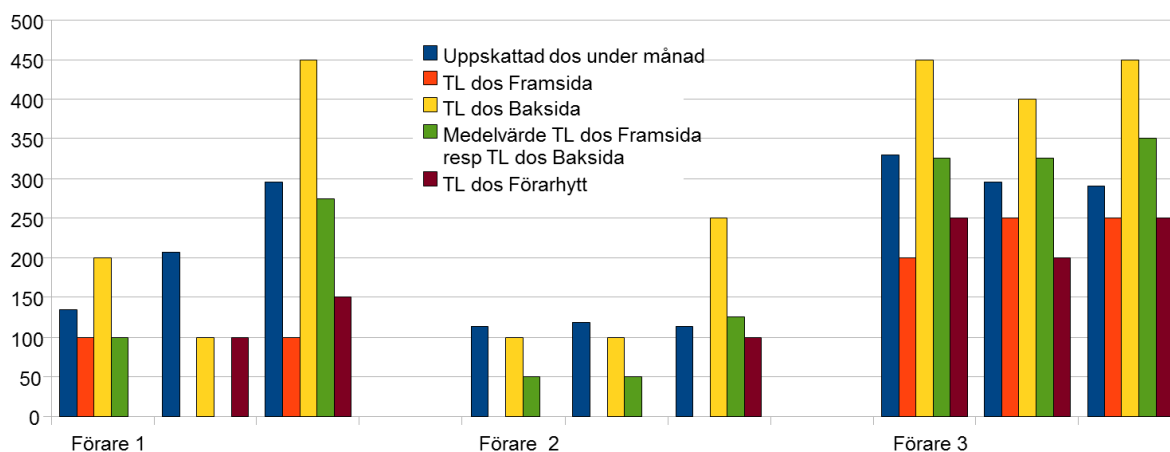
Bild 8 och 9: Omlastning till annat fordon

Utifrån ovanstående resonemang och de månadsvisa körjournaler som tre förare har fört under tre månader kan en uppskattning av dosen göras och jämföras med den månadsvisa utvärderingen av de TL dosimetrar som de burit under samma tid.

Tabell 12: Uppskattad dos utifrån TI x h och viktningfaktor 1,6, jämfört med månadsvis utvärdering av TL dosimeter.

Dos i μSv	Förare 1	Förare 2	Förare 3
TI x h under månad 1	84	71	206
Uppskattad dos under månad 1 TI x h x 1,6	134	113	330
TL dos Framsida	100	0	200
TL dos Baksida	200	100	450
(TLD Fram+ TLD Bak)/2	150	50	325
TL dos Förarhytt	0	0	250
TI x h under månad 2	129	74	185
Uppskattad dos under månad 2 TI x h x 1,6	207	118	296
TL dos Framsida	Ej utvärderad	0	250
TL dos Baksida	100	100	400
(TLD Fram+ TLD Bak)/2	Na	50	325
TL dos Förarhytt	100	0	200
TI x h under månad 3	185	71	181
Uppskattad dos under månad 3 TI x h x 1,6	296	114	290
TL dos Framsida	100	0	250
TL dos Baksida	450	250	450
(TLD Fram+ TLD Bak)/2	275	125	350
TL dos Förarhytt	150	100	250

Figur 15: Tabell 12 som diagram.



Minsta registrerbar dos (MRD) under en månad är 100 μSv . Av ovanstående tabell och figur framgår att en stor andel registrerade mätvärden ligger just vid MRD,

vilket gör att det är svårt att dra några slutsatser. Speciell gäller detta förare 2 och till viss del förare 1.

Det totala TI för en månads transporter kan i ytterlighetsfall bestå av ett stort antal transporter med få kollin och låga TI med möjlighet att placera godset långt bak i lastrummet eller få transporter med fullt lastrum och gods med högt TI. Förare 2 och i viss mån förare 1 ligger närmast det första fallet och förare 3 definitivt enligt det senare. Skillnaden i uppskattad dos och TL dos från dosimetern som var placerad på ryggen blir mindre när godset kan placeras längre bak i lastrummet (se förare 2).

Dosutvärderingarna för förare 3 visar en stabil bild dels mellan de olika dosimeter-placeringarna och korrelationen till TI x h. Utvärderingarna för förare 2 visar en mera splittrad bild, exempelvis skillnaden mellan bröst- och ryggdosimeter månad 3 och noll-dos på förarhytt-dosimetern månad 1 då ryggdosimetern visade 200 µSv, men 100 µSv månad 2 likvärdigt med förarhytt-dosimetern.

För att erhålla förväntade årsdoser har en extrapolering av de tre månadernas doser till att gälla året gjorts, se tabell 13.

Tabell 13: Förväntade årsdoser

	Konventionell dosimeter-placering	Dosimeter-placering rygg	Medelvärde av kolumn 2 och 3	Beräknad dos utifrån TI×h
Förare 1	1,2 mSv*	3 mSv	2,1 mSv	2,5 mSv
Förare 2	0 mSv	1,8 mSv	0,9 mSv	1,4 mSv
Förare 3	2,8 mSv	5,2 mSv	4,0 mSv	3,7 mSv

* endast 2 värden

7.2.5. Uppskattning av den kollektiva dosen till förare

Som framgår av figur 10 på sidan 15 (brunröd stapel) så utförs årligen ca 750 000 TI x km på de svenska vägarna vad gäller transport av radioaktivt material till sjukhus och industri. Transporterna företas nästan uteslutande med mindre bilar. Om vi antar en snitthastighet vid transport av 80 km/h så erhåller vi knappt 9400 TI x h som med viktningsfaktorn 1,6 ger ca 15 mSv, dvs. 15 mmanSv. Till detta kommer hantering med 2–3 mmanSv, dvs. totalt ca 20 mmanSv, vilket på intet sätt anses vara någon hög kollektivdos men man bör betänka att merparten tas av ett fåtal (högst 10) personer.

7.2.6. Noterbart

Att försöka bestämma en dos utifrån dosrat och tid går naturligtvis att göra men under fältmässiga förhållanden är detta mycket svårt. Vid speciellt lastning, och i vissa fall vid lossning/omlastning till andra fordon, så rör sig personen inom ett område med en högst varierande dosrat.

På grund av dosratsinstrumentets riktningskänslighet så erhålls klart avvikande värden beroende på hur instrumentet riktas i förhållande till ”strålkällorna” i lastrummet.

Av tabell 7 framgår att dosen för en hel dags körning i ett fall blev 3 gånger högre genom uppskattning av dosen utifrån dosratsmätning jämfört med dosregistreringen med EPD (elektronisk persondosimeter). I ett annat fall blev dosen en faktor 2 högre och i det tredje fallet enbart ca 20 % högre.

Utvärderingen av TL dosimetrarna gav en klar skillnad mellan bröst och ryggdosimetrarna; i stort registrerades en faktor 2 högre dos på ryggdosimetern.

Projektet visar att det finns en korrelation mellan $TI \times h$ och EPD dosen genom en viktningsfaktor 1,6. Viktningsfaktorn gäller i detta fall för personbil eller mindre fraktbil typ en Van och då hanteringstiden är kort i förhållande till körtiden. Den beräknade dosen ligger i de flesta fall nära medelvärdet av de båda TL doserna för bröst och rygg, vilket bör vara acceptabelt som ett medelvärde för helkroppsdosen. Dosen registerad på TL dosimetern placerad på bröstet undervärderar sannolikt dosen med upp till 50 % då körtiden är betydligt längre än hanteringstiden.

Transporter av radionuklider för medicinskt bruk sker rutinmässigt och veckovis med i stort samma TI och för det allra mesta samma fraktrutt, vilket gör att en uppskattning av dosen till förarna kan göras mycket enkelt och relativt tillförlitligt. Eventuellt krav på rutinmässigt bärande av personlig dosimeter och var på kroppen den ska sitta tas inte ställning till här utan detta är en fråga för den ansvariga myndigheten.

8. Dos till allmänheten

Dos till en person beror på källans dosrat och den tid personen blir exponerad. Dosraten beror på källans aktivitetsmängd och hur den skärmas plus avståndet till källan.

Det enklaste sättet att uppskatta en eventuell dos till en person bland allmänheten är att ansätta ett hypotetiskt ”värsta fall” utifrån en realistisk transport. Valet faller då naturligt på den återkommande transport som uppvisar det högsta totala transportindex. En relativt kort transport av teknetiumgeneratorer och andra nuklider för medicinskt bruk från Kastrup till Malmö flygfraktkterminal företas 1 gång per vecka och har i regel ett TI som ligger på 30 och däröver. Transporten företas också i ett relativt tätbefolkat område. Vid en mätning befanns dosraten i förarhytten vara ca 70 $\mu\text{Sv/h}$ vid full last. Dosraten just utanför bilen var något lägre, cirka 50 $\mu\text{Sv/h}$. Dosraten fem meter från bilen är då ca 3 $\mu\text{Sv/h}$ [7]. Vi ansätter att bilen stannar vid samma trafikljus i en minut och att en person står där vid varje tillfälle, fem meter från bilen. Den årliga dosen till denna person skulle då bli 3 $\mu\text{Sv/år}$. Om personen i stället befinner sig på 10 m avstånd reduceras dosen till ca 1 $\mu\text{Sv/år}$. Således mycket små doser även vid ett mycket pessimistiskt och mycket osannolikt scenario.

9. Slutsats

Individueller doser till svenska förare är låga i jämförelse med förare i andra länder, vilket kan bero på att inkommande gods fördelas på ett flertal flygplatser, vilket gör att antal kollin innehållande radioaktiva ämnen per terminal blir förhållandevis liten samt att vidaretransport med bil från terminalen till mottagaren oftast äger rum samma dag som godset anlänt. Ett större antal kollin mellanlagras därför normalt inte någon längre tid på terminalerna. Kollin innehållande radioaktiva ämnen i större kvantiteter anländer i regel endast en gång per vecka. Generellt sett kan sägas att en typisk transport i Sverige består av ett fåtal kollin, vanligen med ett sammanlagt TI under 4, men med långa körsträckor.

Produkten $TI \times h$ för den typ av fordon som används verkar ge en god uppskattning av förväntad dos, möjligen tillräckligt för att bedöma om en personlig dosimeter behövs.

Dosen som registreras på TL dosimetern som är placerad på bröstet undervärderar sannolikt dosen med upp till 50 %, i de fall körtiden är betydligt längre än hanteringstiden.

Transporter av radionuklider för medicinskt bruk sker rutinmässigt och veckovis med i stort samma TI och för det allra mesta samma fraktrutt, vilket gör att en uppskattning av dosen till förarna kan göras mycket enkelt och relativt tillförlitligt. Eventuellt krav på rutinmässigt bärande av personlig dosimeter och var på kroppen ska sitta tas inte ställning till här utan detta är en fråga för den ansvariga myndigheten.

Dos till allmänheten från transporter av radioaktiva ämnen är mycket låga och i realiteten försumbara.

10. Referenser

- [1]. Meeting and Workshop of the European Association of Regulators for the Safe Transport of Radioactive Materials (EAR-TRAM), London 1-2 December 2008.
- [2]. Occupational and Public Exposures Arising from the Normal Transport of Radioactive Material; Experience in Germany, G Schwarz, H.-J. Fett, F. Lange. IAEA Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material Wien 2003
- [3]. PATRAM 2007. Denise Bemelmans, Michelle Cristina Barbosa Neves and Helder Nogueira. Case Study: Occupational Exposures in the Transport of Radioactive Material, Brazil.
- [4]. S. Faille. Dose of Ionizing Radiation Received by Transport Workers. A study conducted in Canada 2002. IAEA-CN-101/19 2003. International Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material.
- [5]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009 Edition, Safety Requirements Series No. TS-R-1.
- [6]. The evaluation of the Situation in the European Community (EC) as regards Safety in the Transport of Radioactive Material and the Prospects for the Development of such Type of Transport. 1997
- [7]. Canadian Nuclear Safety Commission, Radiation Safety Data Sheets.



2013:17

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 250 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: registrator@ssm.se
Web: stralsakerhetsmyndigheten.se