

**Rapport**

Datum: 2019-01-21

Handläggare: Michael Wallin

Diarienum: SSM2015-3257

Dokumentnr: SSM2015-3257-100

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

Sammanfattning

IAEA rekommenderar i sitt regelverk att behörig myndighet i varje land periodiskt genomför utvärderingar av doser till personer till följd av de transporter som sker i landet. Två likartade studier genomfördes av Statens strålskyddsinstitut åren 1997^[2] och 2007^[3]. Denna studie baseras på uppgifter från transporter genomförda under år 2014.

De transporter med höga strålnivåer som sker inom kärnbränslecykeln utförs på ett sätt så att allmänheten i stor utsträckning skyddas från exponering. Personalens doser vid dessa transporter kontrolleras genom bl.a. dosimetrar och hålls inom föreskrivna nivåer. Verksamheten inom kärnbränslecykeln är noggrant kontrollerad och doser till personal och allmänhet förväntas hålla sig inom föreskrivna nivåer.

Transporter av nuklider för medicinskt bruk ligger i paritet med tidigare undersökning; antal transporterade kollin med teknitiumgeneratorer har minskat något, likaså har transporterad aktivitet minskat något. Antal transporter med Fluor-18 (F-18) har ökat marginellt, tillika transporterad aktivitet, men beräknas minska i takt med att fler sjukhus skaffar utrustning för att själv producera F-18. Undersökningen tyder på att dosbidraget till transportpersonal och allmänhet från denna typ av transporter är lägre än vid förra undersökningen och förväntas minska ytterligare något, pga. färre transporter och lägre transporterad aktivitet.

Transporter av radiograferingsutrustning som innehåller strålkällor har minskat, företagen använder röntgenutrustning i större utsträckning än tidigare, vilket innebär att doserna till personal och allmänhet från transporter bör bli mindre än tidigare.

Inga indikationer på försämrade förhållanden än de som presenterats i Strålsäkerhetsmyndighetens rapport 2013:17 *Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige*^[3] har framkommit i undersökningen. Inom den medicinska verksamheten har transporterna minskat.

Doser till allmänheten till följd av transporter av radioaktiva ämnen är fortsatt mycket låga.



Bakgrund

Radioaktiva ämnen för medicinskt och industriellt bruk transporteras dagligen i Sverige. Genomsnittsdoser till vissa förare och terminalpersonal har från några länder tidigare rapporterats vara höga^[3]. Från Spanien rapporteras problem med brådskande långväga transporter med F-18, där aktiviteten är högre än normalt pga. den längre transporttiden och vägen^[4].

Hur höga persondoserna blir vid transport beror på kollinas dosrater, antal kollin, hanteringstid vid terminaler och vid lastning/lossning samt körtid och typ av fordon eller annat forskaffningsmedel.

Produktion av radionuklider med kort halveringstid för distribution till användare innebär en daglig hantering och transport av ett stort antal kollin. Centralisering av gods till 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 med högre dosrat utanför kollit som följd. Likaså kan konkurrensen från billigare leverantörer av kortlivade nuklider innebära längre restider, vilket också kan resultera i kollin med högre dosrater.

IAEA Safety Standards Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2012 Edition No. SSR-6^[1] anger i para 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.

Syfte

Mot bakgrund av IAEA:s rekommendationer har Strålsäkerhetsmyndigheten genomfört en kartläggning av transporter av radioaktiva ämnen i Sverige i syfte att uppskatta doser till transportpersonal och allmänheten. Kartläggningen är främst inriktad på vägtransporter, dvs. transporter till sjukhus, forskningsinstitutioner, industri, etc. samt transport av befintliga strålkällor inom landet för vissa ändamål, t.ex. radiografering och skrotning. Transporter inom kärnbränslecykeln berörs också.

Två likartade studier genomfördes 1997 och 2007 av statens strålskyddsinstitut. Studien från 2007 utmynnade i en rapport 2013:17 *Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige*^[3], utgiven av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och studien från 1997 ingick i en rapport från Europakommissionen^[2], *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*.

Genomförande

Tillstånd krävs enligt strålskyddslagen (SSL) eller lagen om kärnteknisk verksamhet (KTL) att till landet införa, transportera, saluföra, inneha, m.m. radioaktiva ämnen i Sverige. Sådana tillstånd utfärdas av Strålsäkerhetsmyndigheten. Tillstånd för transport av radioaktiva ämnen innehas normalt av den som har tillstånd att införa eller använda dessa ämnen och innebär att man själv kan utföra transporten eller uppdra åt någon annan att utföra själva transporten. Förutom tillstånd enligt SSL eller KTL krävs bl.a. att föraren ska ha genomgått en godkänd farligt gods-utbildning och att företaget har en av Myndighetens för samhällsskydd och beredskap (MSB) godkänd säkerhetsrådgivare.



Då inget specifikt tillstånd enligt strålskyddslagen alltid krävs av transportören för transport av radioaktiva ämnen innebär det att transportörerna i flertalet fall inte finns registrerade hos SSM. Studien inleddes därför med en undersökning av vilka företag som är delaktiga vid transportererna för att kartlägga transportflöden och aktuella transportföretag.

Enkäten

En enkät sändes våren och hösten 2015 ut till ett stort antal företag, både svenska och utländska. Enkäten innehöll, förutom företagets egna uppgifter, frågor om antal kollin som transporterats under 2014; UN-nr, nuklider, transportindex, antal kollin per fordon, kategori, aktivitet, transportör, mottagare och uppskattad transportsträcka på väg. För undantagna kollin (UN 2908, UN 2909, UN 2910 och UN 2911) efterfrågades endast antal kollin.

Resultat

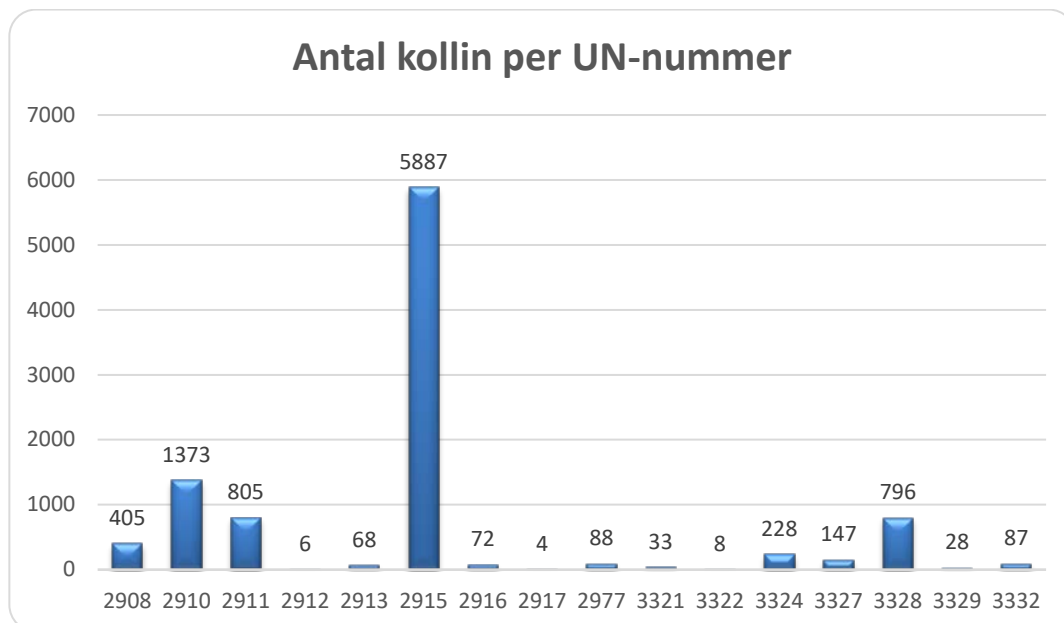
Av 149 utskickade enkäter inkom 92 svar (62 %). Att inte fler svar inkom trots påminnelse, kan bero på att flera företag hade upphört eller slagits samman och några företag hade inte haft några transporter av radioaktiva ämnen under år 2014. Flera av de utländska företagen hade dessutom oklara adressuppgifter. Uppgifter från de större aktörerna kom dock in, vilket torde innebära att större delen av transporterad aktivitetsmängd har redovisats. En stor osäkerhet finns dock för undantagna kollin, där antalet kollin bör vara betydligt fler än rapporterat.

Av de svar som kom in saknades vissa uppgifter, särskilt uppgift om transportindex eller etikettkategori. Därför stämmer summering av antalen inte alltid överens i de olika figurerna. Nedan redovisas endast de uppgifter som inkommit eller som var tillgängliga på annat sätt inom myndigheten.

Antal rapporterade kollin och fördelning

Resultatet från enkäten visar att under 2014 transporterades minst 10 035 kollin med radioaktiva ämnen i Sverige. Andelen kollin med fissilt innehåll var ungefär 12 %.

- Ungefär 27 % av rapporterade kollin utgörs av undantagna kollin (UN 2908, UN 2909, UN 2910 och UN 2911) innehållande mycket små mängder radioaktiva ämnen. Denna kategori kollin kan antas vara betydligt större.
- Över hälften (61 %) av rapporterade kollin var av Typ A (UN 2915, UN 3327 och UN 3332), med ett litet inslag av kollin av industrityp (3 %).
- 9 % av rapporterade kollin utgörs av kollin av Typ B (UN2916, UN 2917, UN 3328 och UN 3329). Huvuddelen av dessa kollin härrör från kärnkraftverken och har gått med SKB:s fartyg till sjöss.

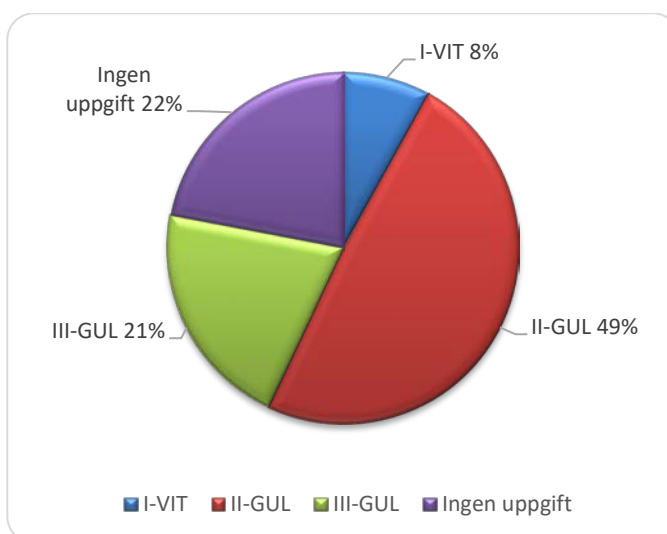


Figur 1: Rapporterat antal kollin som transporterades i Sverige år 2014, fördelat på olika UN-nummer

Transporterade kollin etiketteras i tre kategorier; I-VIT, II-GUL och III-GUL, beroende av transportindex (TI) och högsta strålningsnivå i någon punkt på yttertan.

- I-VIT innebär att strålningsnivån på ytan (ytdosraten) är högst 0,005 mSv/h. TI behöver då inte anges.
- II-GUL innebär att TI ligger mellan 0 och 1 samt att ytdosraten kan uppgå till 0,5 mSv/h.
- III-GUL innebär att TI ligger mellan 1 och 10 samt att ytdosraten kan uppgå till 2 mSv/h; alternativt vid komplett last: TI är högre än 10 och ytdosraten kan uppgå till högst 10 mSv/h. Vid komplett last gäller särskilda säkerhetsregler.

Kategorin ”Ingen uppgift” hänför sig till de svar där ingen kategori angetts. Det kan röra sig om transporter av undantagna kollin, där ingen etikettering krävs.

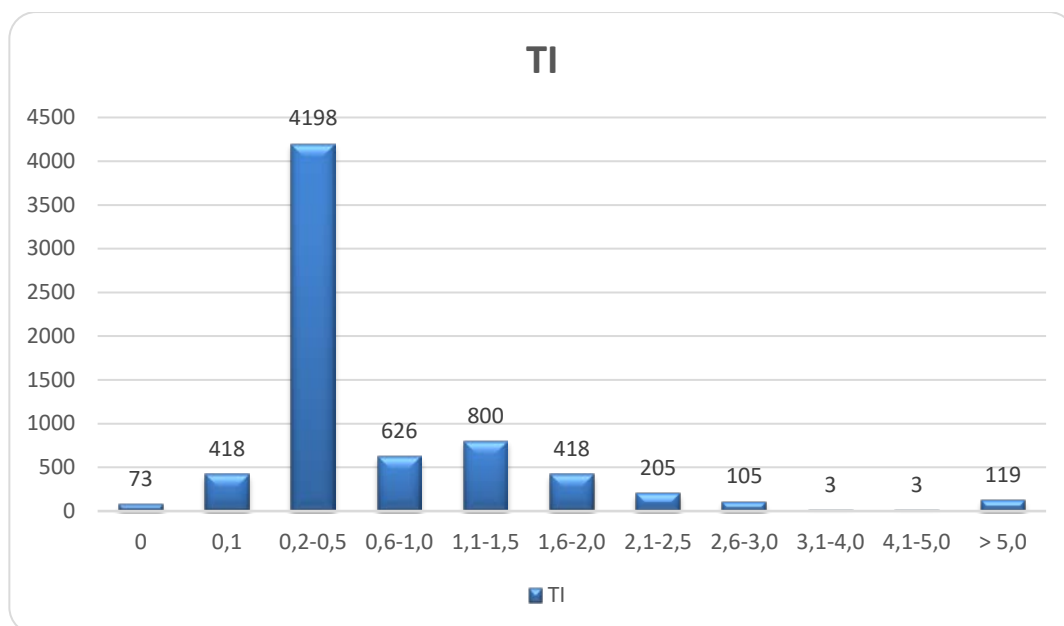


Figur 2: Fördelning i olika etikettkategorier

Transportindex och transportsträckor

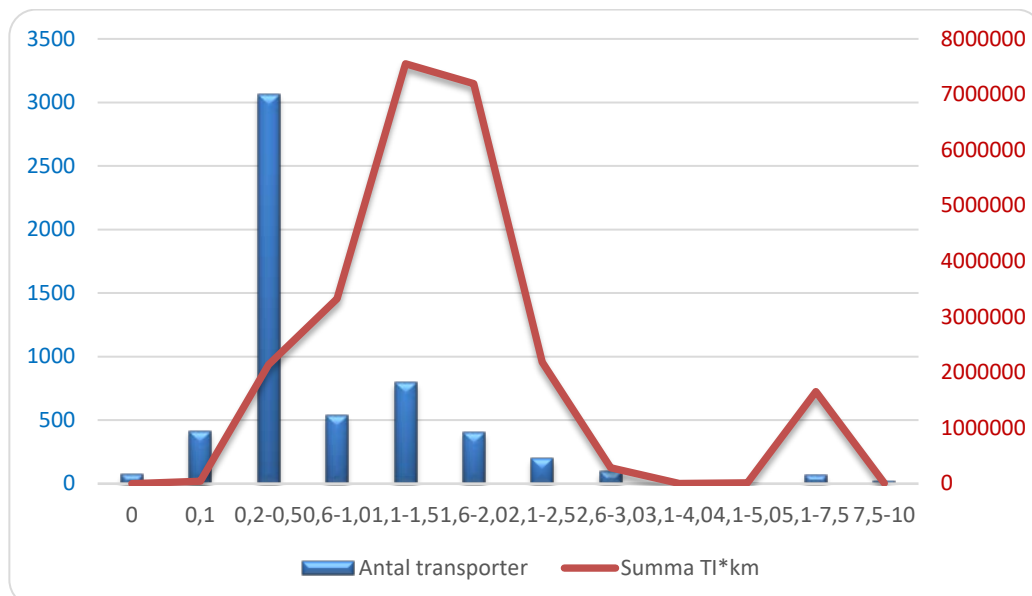
Kollin innehållande radioaktiva ämnen som transporteras i Sverige har en stor spännvidd i fysisk storlek och vikt, aktivitetsinnehåll, dosrat, etc., från några gram till flera ton, från kBq till TBq. Transportindex (TI) är ett enhetslöst värde som beräknas genom att ta högsta strålningsnivån (dosraten) i mSv/h på en meters avstånd från kollit, multiplicerat med 100. Ett TI på 1,0 betyder alltså en dosrat på 0,01 mSv/h på en meters avstånd från kollit.

I figur 3 visas antal kollin fördelade på olika TI. Det bör observeras att skalan inte är linjär. Drygt 5300 kollin (75 %) av de rapporterade kollina har ett $TI \leq 1$. De kollin med $TI > 5,0$ härrör sig främst till transporter till och från kärnkraftverken, samt ett fåtal till sjukhus. Av figur 2 framgår att ungefär 70% av kollina har en dosrat överstigande 0,005 mSv/h på kollits yta (II-GUL eller III-GUL) och TI måste anges, vilket indikerar den ökade strålnivån i kollinas närhet.



Figur 3: Antal kollin fördelade på olika transportindex (TI)

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 bedömdes kunna ge ett bättre underlag för riskbedömning, se figur 4. Man ska vara medveten om att antalet km inte alltid motsvarar uppehållstiden nära kollit, beroende på trafik, hantering, gångavstånd, etc.



Figur 4: Antal transporter och $\sum (TI \times km)$ fördelat på olika intervall (summan av de olika kollinas TI anges som TI för transporten)

Transport av radioaktiva ämnen för medicinsk och vetenskaplig användning

2014 förekom ingen större produktion i Sverige av radioaktiva ämnen för medicinska eller vetenskapliga ändamål. Det mesta tas in eller transiterar Sverige via flyg eller bil från ett fåtal större leverantörer från framför allt Belgien, Nederländerna och Storbritannien till de större flygplatserna. Det förekommer även en del direktflyg till mindre flygplatser i Sverige.

Vid flygplatsterminalerna, där det finns ett mindre antal aktörer som hanterar farligt gods, sker mellanlagring och omlastning mellan flyg och väg för leveranser till mottagarna. Järnvägstransport används inte sedan många år för transport av radioaktiva ämnen till sjukhus, forskning eller industri.

Ett exempel på hur en transport kan utföras: En större sändning av kollin innehållande radioaktiva ämnen anländer med flyg till Arlanda, Cargo City. De hämtas vid flygplanet av markpersonal på plattan och körs till terminalen. Där förvaras de i ett särskilt avskilt rum alternativt ett särskilt markerat område i väntan på vidare transport på väg. Kollina hämtas och transporteras på väg till en eller flera mottagare. Motsvarande hantering av kollin sker även på andra flygplatser och frekvensen kan variera beroende på innehåll.

Den enda produktionen av radioaktiva ämnen för medicinsk användning i Sverige är av kortlivade positronemitterande radionuklider, där Fluor-18 (F-18) är den mest dominerande. Produktionen sker på fyra platser i landet i anslutning till större sjukhus, Uppsala akademiska sjukhus, Karolinska universitetssjukhuset i Stockholm, Skånes universitetssjukhus i Lund och Norrlands universitetssjukhus i Umeå. Installation av tre nya anläggningar pågår för närvarande vid Universitetssjukhuset i Linköping, på Sahlgrenska sjukhuset i Göteborg och Nya Karolinska i Solna. Det finns också planer på att ha cyklotroner i Örebro, Malmö och Huddinge.



Mo-99/Tc-99m (Teknetiumgeneratorer)

Studien har visat några intressanta transportdata för Mo-99/Tc-99m:

Antal transporterade kollin år 2014:	1663 st.
TI (medelvärde för transportindex per kolli) 1,5	
Körsträcka per kolli i genomsnitt	154 km
Aktivitet per kolli i genomsnitt	98,8 GBq
Total aktivitet	164 TBq

Den totala transporterade aktiviteten av Mo-99/Tc-99m kan jämföras med vad som har rapporterats förbrukas av densamma under ett år inom medicinsk användning. För 2014 var förbrukningen ca 27,6 TBq, vilket motsvarar cirka 17 % av den transporterade aktiviteten. Att så lite används har sin förklaring i bl.a. den relativt korta halveringstiden (66 timmar). En Mo/Tc-generator används vanligen måndag till fredag och den initiala aktiviteten måste vara anpassad så att aktiviteten är tillräcklig även i slutet av veckan. Det är den högsta (initiala) aktiviteten som måste anges för transporten i transportdokumenten och den transporten sker ofta redan på fredagen veckan innan.

Fluor-18

Fluor-18 (F-18) produceras i Sverige i större skala på större sjukhus. Nukliden producerades år 2014 i anslutning till fyra större sjukhus, Uppsala akademiska sjukhus, Karolinska universitetssjukhuset, Skånes universitetssjukhus i Lund och Norrlands universitetssjukhus i Umeå.

Användningen på sjukhusen har ökat markant sedan 2007, men de administrerade doserna är generellt lägre. Produktion av F-18 sker också på fler sjukhus än tidigare i nära anslutning till patienterna och andra sjukhus, vilket ger kortare transportvägar. Den transporterade aktiviteten har därför endast ökat marginellt, ca. 12 %.

Antal transporterade kollin år 2014	400 st.
TI (medelvärde för transportindex per kolli) 0,5	
Genomsnittlig körsträcka per kolli	62 km
Genomsnittligt aktivitetsvärde per kolli	13,6 GBq
Total transporterad aktivitet	5,4 TBq

År 2014 administrerades 4,2 TBq till patienter, varav drygt hälften på sjukhus med egen produktion av F-18. Nästan 2,0 TBq administrerades på sjukhus utan egen produktion, vilket innebär att en transport är inblandad. Det motsvarar 36 % av den transporterade aktiviteten som redovisats för året. Av det som transporterats har en mycket liten del av den initiala aktiviteten administrerats, vilket verkar fullt logiskt med tanke på den korta halveringstiden för F-18, 110 minuter. Detta är ett starkt incitament för att fler större sjukhus börjar producera eget F-18.

En oroande utveckling av transporter av F-18 rapporterades av den spanska myndigheten CSN i maj 2015^[4]: Brukare av F-18 väljer att köpa in nukliderna från den billigaste producenten för att spara pengar. Det innebär ofta att transportvägarna blir längre och aktiviteten behöver vara högre pga. den korta halveringstiden (ca. 110 min) och den längre körsträckan. Dels ger detta mer dos till personalen som hanterar kollina, men transportererna är också så brådskande att de är orsak till flera trafikolyckor årligen i Spanien. Denna utveckling har inte noterats i Sverige.



Radiografering och industri

Strålkällor för industriell användning utgörs ofta av Co-60 och Cs-137 med ett relativt högt aktivitetsinnehåll. Strålkällorna är vanligen inbyggda i apparatur för att bl.a. mäta tjocklek, densitet och vätskenivåer. Några typiska användningsområden är inom pappersindustrin, gruvindustrin, på vattenreningsverk och värmeverk.

Radioaktiva ämnen för industriell verksamhet omfattar även radiografering med radionuklider, s.k. gammaradiografering, som oförstörande provning av svetsar, rör, etc. Till övervägande del används då Ir-192 och Co-60, men även Cs-137 eller Se-75 förekommer. Några verksamhetsutövare har flyttat sin verksamhetsbas utomlands, men tar ändå uppdrag i Sverige, vilket ofta innebär längre transporter. Gammalradiografering har minskat i omfattning i Sverige och istället använder företagen röntgenutrustning i större utsträckning än tidigare. Inga signifikanta olyckor med radiograferingsutrustning har skett i Sverige på senare år, men internationellt sett sker ett större antal oönskade händelser, både under själva radiograferingen och under transporten. Det är inte ovanligt att det utomlands sker allvarliga olyckor och tillbud vid hantering, att utrustning stjäls eller tappas bort.

Kärnkraftsindustrin

I Sverige finns idag kärnkraftverk i drift på tre platser, i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals. Andra kärntekniska anläggningar finns bl.a. också i Studsvik, där material hanteras, och i Västerås, där bränslefabriken ligger. Ett mellanlager för använt kärnbränsle finns i Oskarshamn (Clab) och ett lager för kortlivat radioaktivt avfall finns i Forsmark (SFR), där även ett lager för långlivat avfall (SFL) samt slutförvaret för använt kärnbränsle planeras byggas. Dessa anläggningar kan nås med båt, med i vissa fall en kort vägsträcka till den skyddade anläggningen.

Transporter av använt kärnbränsle, som är de transporter som innehåller radioaktivt material med mycket hög aktivitet, sker alltid med fartyg från reaktorerna till det centrala mellanlagret i Oskarshamn i Svensk kärnbränslehanterings (SKB) regi. Dessa transporter sker med särskilt konstruerade transportbehållare som godkänts av både den franska myndigheten Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) och Strålsäkerhetsmyndigheten. SKB har för ändamålet ett särskilt konstruerat fartyg, där hanteringen av transportbehållarna ska ge så låg dos som möjligt till allmänheten och involverad personal.

Andra transporter av annat än använt kärnbränsle, exempelvis färskt kärnbränsle, radioaktivt avfall, prover, kontaminerade verktyg och annan utrustning, sker både på väg och med SKBs fartyg. I undantagsfall sker dessa transporter även med flyg från en lämplig flygplats.

Avveckling av reaktorer och annan kringutrustning kan ställa särskilda krav på transportererna, särskilt när det saknas lämpliga transportbehållare till materialet. Det kan gälla kontaminerade ånggeneratorer, reaktorkärl och andra stora komponenter, som behöver transporteras för slutligt omhändertagande. Vid dessa transporter krävs ofta kompensatoriska åtgärder för att upprätthålla samma nivå på säkerheten och minimera dosen till personal och allmänhet. Som exempel på kompensatoriska åtgärder kan nämnas att transporten ska gå som komplett last hela vägen (ingen omlastning eller samlastning med annat gods), att transporten ska gå på särskilt fartyg hela sträckan och att åtgärder ska vidtas för att begränsa tillträdet till godset, m.m. De kompensatoriska åtgärderna ska vara av sådan art att säkerheten upprätthålls på minst samma nivå som ett regelmässigt transporterat kolli.



Dos till allmänheten

Dos till en person beror på strålkällans dosrat och den tid personen blir exponerad. Dosraten beror på strålkällans aktivitetsmängd, skärmning och avståndet till källan.

Höga dosrater finner vi bland transporter av utbränt kärnbränsle. Dessa transporter utförs av SKB till absolut största delen till sjöss med eget fartyg, där allmänheten inte har tillträde. Enda undantaget från sjötransport är en kort allmän vägsträcka ner till hamnen vid Ringhals kärnkraftverk.

Ett annat exempel på transporter av radioaktiva ämnen med höga dosrater som med regelbundenhet förekommer i Sverige är transporter av teknetiumgeneratorer och andra nuklider för medicinskt bruk till sjukhus. Ett sådant fall är redovisat i Strålsäkerhetsmyndighetens rapport 2013:17 *Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige*^[3] och situationen är likvärdig idag. Antagandet vid detta pessimistiska och osannolika scenario kan fortfarande anses gälla och skulle således bidra till mycket små doser, i storleksordningen 0,001 – 0,003 mSv/år till exemplets person.

Slutsatser

De transporter med höga strålningsnivåer som sker inom kärnbränslecykeln utförs på ett sätt så att allmänheten i stor utsträckning skyddas från exponering. Personalens stråldoser vid dessa transporter kontrolleras genom bl.a. dosimetrar och hålls inom föreskrivna nivåer. Verksamheten inom kärnbränslecykeln är noga kontrollerad, därför förväntas stråldoser till både personal och allmänhet förbli inom föreskrivna nivåer.

Transporter av nuklider för medicinskt bruk ligger i paritet med tidigare undersökning; antal transporterade kollin med teknetiumgeneratorer har minskat något, likaså har transporterad aktivitet minskat något. Antal transporter med F-18 har ökat marginellt, tillika transporterad aktivitet, men beräknas minska i takt med att fler sjukhus skaffar utrustning för att själv producera F-18. Undersökningen tyder på att dosbidraget till transportpersonal och allmänhet från denna typ av transporter är lägre än vid förra undersökningen och förväntas minska ytterligare något, pga. färre transporter och lägre transporterad aktivitet.

Transporter av radiograferingsutrustning som innehåller strålkällor har minskat, företagen använder röntgenutrustning i större utsträckning än tidigare, vilket innebär att doserna till personal och allmänhet bör bli mindre än tidigare.

Inga indikationer på försämrade förhållanden än de som presenterats i Strålsäkerhetsmyndighetens rapport 2013:17 *Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige*^[3] har framkommit i undersökningen. Inom den medicinska användningen har antalet transporter minskat.

Doser till allmänheten till följd av transporter av radioaktiva ämnen är fortsatt mycket låga.



Referenser

1. IAEA Safety Standards Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2012 Edition No. SSR-6
2. 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 (vari ingår en undersökning av svenska förhållanden utförd av dåvarande Statens strålskyddsinstitut).
3. SSM rapport 2013:17 Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige.
4. European Association of Competent Authorities, möte 11, Italien 6-7 maj 2015, reserapport 15-1762.