



Kunskapscentrum för  
Strålningsmedicin vid Katastrofer

---

# Omvärldsbevakning

Rapport  
2024-04-30

---

Kunskapscentrum för Strålningsmedicin vid Katastrofer (KcRN) är ett kunskapscentrum  
etablerat av Socialstyrelsen och Karolinska Institutet

## Inledning

*Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer*, KcRN, är ett nationellt kunskapscentrum som på uppdrag av Socialstyrelsen och Karolinska Institutet (KI) tillhandahåller medicinsk sakkunskap kring hälsoeffekter och handläggning av radionukleära (RN) händelser. Uppdraget innefattar inhämtning och bibehållande av kunskap och erfarenhet, samt utveckling och ökad kunskap rörande exponering för joniserande strålning, riskbedömningar utifrån beräknad stråldos, effekter av strålning och metod- och behandlingsriktlinjer av strålexponerade. Studerade händelser inkluderar främst stråloluckyor vid kärntekniska anläggningar och incidenter med strålkällor inom sjukvård och industri, men även strålexponering i samband med terrorhandlingar och krigstillstånd. KcRN levererar medicinsk sakkunskap i utredningar och rapporter till Socialstyrelsen och andra nationella verk och myndigheter, samt medverkar även inom ett flertal internationella organisationer. Därutöver arrangerar KcRN också olika former av utbildningar inom sjukvårds-beredskapssektorn inom RN-området.

En hörnpelare i KcRNs uppdrag är att bedriva en kontinuerlig omvärldsbevakning. Delar av denna redovisas löpande via en egen hemsida/blogg: <https://sremc-kcrn.org> Vi uppmärksammar och kommenterar där främst medicinska aspekter kring inträffade händelser och nyheter inom olika FoU-delar av RN-området.

Som en del av KcRNs kontrakterade uppdrag gentemot Socialstyrelsen under perioden 2024-2026 levereras här en första *omvärldsbevakningsrapport*, en leverans planerad att bli årligen återkommande. Rapportens målgrupp är främst aktörer som verkar inom hälso- och sjukvårdssektorns arbete med krisberedskap och civilt försvar. Syftet är att förse målgruppen med aktuell information som berör svensk katastrofmedicinsk beredskap inom kunskapsområdet.

Denna rapport innehåller ett sammanfattande urval av händelser, aktiviteter och informationskällor inom kunskapsområdet som KcRN bevakat och/eller deltagit i under det senaste dryga året, och som vi som ser kan beröra den svenska hälso- och sjukvårdens katastrofmedicinska beredskap. Vi redovisar också en del typexempel inom olika rapporterade delområden.

En separat *omvärldsanalys* kommer att levereras av KcRN till Socialstyrelsen i slutet av 2024. Dess syfte är att förse målgruppen med en aggregerad lägesbild och lägesanalys, inklusive förslag till inriktning gällande svensk katastrofmedicinsk beredskap inom kunskapsområdet.

Medverkande i framtagandet av denna rapport, och verksamma inom KcRN, är följande läkare och sjukhusfysiker, samtliga disputerade och tjänstgörande vid Karolinska Institutet och Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholm:

Erik Boberg  
Christel Hedman  
Marita Lagergren Lindberg  
Karin Lindberg  
Joachim Nilsson  
Leif Stenke  
Daniel Thor  
Jack Valentin

## Ukraina

Rysslands fullskaliga invasion av Ukraina med start i februari 2022 har medfört förödande effekter på människors liv och miljö. Den har även skapat en mycket allvarlig hotbild vad gäller risk för såväl kärnkraftshaverier som för användning av kärnvapen. KcRN har i sin omvärldsbevakning följt krigets utveckling och händelseförlopp noggrant. Detta har skett inte minst som formella medlemmar i den europeiska blod- och benmärgstransplantationsgruppen (EBMT) och dess *Nuclear Accident Committee* (NAC) och medlemmar inom WHO's<sup>1</sup> *Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network* (REMPAN), men även genom aktivt deltagande i Socialstyrelsens radio-nukleära medicinska expertgrupp (RN-MeG). Både EBMT och WHO förfogar över ett stort internationellt RN-medicinskt kontaktnät. Sedan krigsutbrottet, och med accentuering under det senaste året, har KcRN deltagit aktivt i ett flertal möten och webbkonferenser med NAC/EBMT till stor del inriktade mot ledande företrädare för läkargrupper i Ukraina med ansvar för medicinsk planering inför strålningshändelser och handläggning av strålskadade patienter. Bland mötena kan nämnas ett "face-to-face-symposium" vid EBMTs stora kongress i Paris i februari 2023, där vi själva presenterade data och utvecklade kontakter. Vi medverkade också vid ett nytt liknande möte nu tidigare i april 2024 vid EBMTs kongress i Glasgow. Därutöver har vi medverkat vid NAC Teams-möten med deltagande av ledande ukrainska hematologer i maj, juli, och augusti 2023 samt i december 2023 även föreläst och anordnat en table-top-övning kring strålskenarios för över 50 hematologer samlade i Lviv och ytterligare cirka 130 hematologer on-line i övriga Ukraina (dvs totalt cirka 180 av Ukrainas totalt cirka 200 verksamma hematologer). I september 2023 deltog vi även i möte med "NATO SPS Advanced Research Workshop" i Bukarest som fokuserade mot "regional strategy for medical response as part of the disaster management in case of radiation emergency caused by the war in Ukraine". Vi har under 2023 också medverkat till framtagandet av en ukrainskspråklig version av EBMT/NACs pocket guide "European approach for the medical management of mass radiation exposure". Projektarbetet utföres i nära kontakt och samverkan med WHO-REMPAN.

Vad gäller hotbilden kring tänkbar användning av kärnvapen (i första hand s k taktiska dito) i Ukraina utarbetade KcRN 2022, på uppdrag av Socialstyrelsen och i samråd med Strålsäkerhetsmyndigheten och Totalförsvarets Forskningsinstitut, under 2022 en separat rapport och ett faktablad med inriktning mot "Medicinska konsekvenser av akuta strålningshändelser", se <https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/ovrigt/2022-11-8218.pdf>.

Vad gäller hotbilden kring Ukrainas kärntekniska anläggningar under krigets utveckling har denna följts med stort intresse och varit under intensiv bevakning från omvärlden, inte minst via Förenta Nationernas internationella atomenergiorgan (engelska *International Atomic Energy Agency*, IAEA). Intresset har framför allt gällt Europas största kärnkraftverk i Zaporizhzhia, som ockuperats av ryska styrkor sedan mars 2022. Även om kärnkraftverkets kraftproduktion varit nedstängd behöver de sex reaktorerna kylas och på området finns kärnbränsle och radioaktivt avfall som i olika scenarier skulle kunna spridas i området. Kärnkraftverket har dock tillgång till kylvatten och reservkraft (ungefär två veckor med dieselaggregat) för att kunna hålla reaktorhärden kyld. I och med att reaktorerna varit avstängda en längre tid har samtligt radioaktiv jod (<sup>131</sup>I) klingat av. Däremot finns mer långlivade radionuklider som <sup>137</sup>Cs kvar i anläggningen. En härdsmälta likt Tjernobyl-katastrofen är knappast

<sup>1</sup> the World Health Organization, Geneva

möjlig, men det faktum att kraftverket geografiskt finns i krigszonen gör situationen unik. Vid de övriga nio kärnreaktorer som är lokaliserade i Ukraina finns personal från IAEA som monitorerar situationen vid respektive anläggning.

*Betydelse för den svenska hälso- och sjukvårdens katastrofmedicinska beredskap:* Det omfattande kriget i Ukraina med den markant ökade hotbilden för radionukleära händelser innebär en stor utmaning även för svensk katastrofmedicinsk beredskap. KcRN kan här bidra med såväl specialinriktad medicinsk kompetens som ett stort internationellt och nationellt kompetensnätverk. Ukrainska patienter med medicinskt vårdbehov diagnostiseras och behandlas i Sverige idag vid bl a Karolinska Universitetssjukhuset. KcRN har fn pågående kontakter inom den ansvariga beredskapsorganisationen vid Karolinska för att stärka förmågan till effektiv och högkvalitativ handläggning av presumtiva strålskadade patienter i anslutning till en tänkbar större RN-händelse i Ukraina.

## Inträffade RN-händelser

Vad gäller rapportering om inträffade RN-händelser runt om i världen innehar IAEA en central position. Organisationen upprätthåller via sin hemsida <https://www-news.iaea.org/> ett löpande register med rapporter över händelser relaterade till joniserande strålning. Rapporterna beskriver summariskt de händelser som inkommer till IAEA. Rapporteringen sker oftast genom medlemsländernas respektive strålskyddsmyndigheter. Registret är inte heltäckande men ger en överblick av den typ av händelser som inträffar i världen. Händelserna graderas på den åtta-gradiga skalan International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) där gradering ”0” motsvarar avvikelser (deviation) och ”7” motsvarar omfattande olycka (major accident).

Nedan följer ett urval av händelser som rapporterats och som bedöms kan vara av intresse för svensk sjukvård och beredskap. Vi har valt att inrikta oss på de händelser som rör kliniskt relevanta stråldoser. Det rapporteras även en del tekniska händelser av intresse inom fram förallt kärntekniska anläggningar, men dessa berör inte sjukvårdens direkt.

Juli 2022, Nîmes, Frankrike - INES 2

Personal (1 person) på en nuklearmedicinsk avdelning kontaminerades vid hantering av diagnostiska radiofarmakapreparat. Kontamineringen upptäcktes när personen var i avdelningens fikarum. Huvudsakligen berodde händelsen på att personen inte mätt av sig efter arbete med öppna strålkällor och inte använt de skyddshandskar som var avsedda. I rapporten anges även att personal fått utföra arbete som de kanske inte haft korrekt instruktion eller introduktion för, på grund av semesterbemanning. Händelsen klassades som INES 2 eftersom personens dos till huden, ca 2 Sv, översteg den årliga dosgränsen (500 mSv).

Februari 2023, Cattenom, Frankrike - INES 2

Vid kärnkraftverket i Cattenom (reaktor 2) exponerades en person som arbetade med värmeisolering. Reaktorn där personen arbetade var nedstängd för inspektion och underhåll, men vid kontamineringsmätning upptäcktes kontaminering på arbetarens kind, vilket ledde till en dos till huden som översteg det årliga gränsvärdet (500 mSv). Det framgår inte från rapporten vilka radionuklider som kontamineringen bestod av.

Mars 2023, Otwock-Świerk, Polen - INES 1

Ett missöde i samband med en intern transport av  $^{131}\text{I}$  på en anläggning för produktion av radioaktiva läkemedel (Polatom) orsakade kontaminering av fyra arbetare. Kontamineringen drabbade huvudsakligen händer, skyddskläder och lokaler och orsakade mellan 1 och 6 mSv till de fyra arbetarna.

September 2023, Baden-Württemberg, Tyskland - INES 2

En person som inspekterade strålskärning i en bunker blev exponerad av röntgenutrustning. Sannolikt glömde personen stänga av utrustningen efter att ha gjort sina mätningar, och blev därigenom själv exponerad. Totala stråldosen till personen var ca 70 mSv.

September 2023, Texas, USA - INES 2

En lärling (rapporten avslöjar inte lärlingens ålder), vid ett företag för industriella strålningsundersökningar av material blev exponerad av en stark strålkälla (2.3 TBq) med  $^{192}\text{Ir}$ . Händelsen orsakades av att en vajer som innehöll strålkällan inte kommit tillbaka in i strålskärningen. Personen hade inte på sig något mätinstrument som kunde indikera höga strålningsnivåer, utan endast en dosimeter utan larm. När lärlingen noterat att strålkällan varit exponerad efter att ha arbetat nära denna, upptäcktes missödet. Lärlingen fick doser runt 75 mSv till helkropp och 260 mSv till händerna.

KcRN noterar att ingen av de inträffade incidenterna har sannolikt medfört någon akut strålskada, utan har framför allt gett dosbidrag som inkrementellt kan höja individens risk för att utveckla cancer på sikt. Dessa händelser innebär exponering av enstaka individer och är inget som kräver någon ytterligare beredskapsplanering för sjukvården än den som idag redan finns. Däremot illustrerar de beskrivna händelserna just sådana typer av händelser som mest sannolikt inträffar i dagsläget.

*Betydelse för den svenska hälso- och sjukvårdens katastrofmedicinska beredskap:* För att göra adekvata kliniska bedömningar av även dessa fall med relativt låga stråldoser är det avhängigt med god kunskapsnivå i sjukvården. Även möjlighet att sätta in lämpliga medicinska uppföljningsåtgärder, som blodprov och kliniska bedömningar, är viktigt. Om händelserna skulle ha inträffat i Sverige finns Socialstyrelsens operativa radionukleära expertgrupp RN-MeG, samt KcRN, att tillgå för konsultation och kan verka som stöd till sjukvården som tar hand om de drabbade.

## Diskussion kring sjukvårdens beredskap inför strålningshändelser

Här refereras ett urval av vetenskapliga artiklar och sammanhang på området från 2022-2023. Artiklarna är valda för att belysa aktuella frågor för sjukvårdens beredskap inför radionukleära händelser.

### *Händelser med strålning i olika sammanhang*

I en genomgång från 2022 menar Holmberg och Pinak (referens 1 nedan) att de typer av händelser som rapporterats till IAEA förmodligen är mindre vanliga än händelser som medför exponering för skadliga nivåer av strålning inom sjukvården. Omvärldsbevakning inom strålningshändelser försvåras av att det inte finns någon heltäckande databas i vilken rapporter samlas. IAEAs rapportering sker via Nuclear Events Web-based System (NEWS), där medlemsländerna rapporterar in händelser. Rapporteringen till IAEA begränsas därför dels av tillkortakommanden i kommunikationslänkar mellan de som hanterat händelsen lokalt, nationella myndigheter och IAEA,

dels på att exponeringar inte alltid upptäcks och därför inte kopplas till eventuella fysiska skador som exponeringen kan ha orsakat. Händelserapporter som dessa har ofta väldokumenterad information om stråldoser, men information om medicinsk uppföljning saknas dessvärre ofta. Holmberg och Pinak menar också att den vanligaste källan till kroppsliga skador på grund av joniserande strålning sker i samband med medicinsk användning av strålning. Sådana skador utgör också de mest underrapporterade. Holmberg och Pinak uppskattar också att det globalt troligen rör sig om hundratals strålningsrelaterade skador per år på grund av höga stråldoser, där de flesta orsakas i samband med användning av strålning inom sjukvården. Dock påpekas också att användningen av strålning i vården ökar successivt i takt med att länders sjukvård blir mer avancerad, och leder till stora hälsovinster.

I en sammanställning av vilka delar av beredskapen inför strålningshändelser som behöver utvecklas vidare argumenterar Thorne (2) för att fokus bör ligga på medicinsk handläggning av infektioner, vätskeförluster och blödningar. Hematologisk stamcellstransplantation är endast användbar för ett mycket litet antal patienter i realistiska scenarier och individuell dosimetri har begränsat värde i akuta fasen. Här argumenterar Thorne för att man bör fokusera på det kliniska förloppet.

Artiklarna av Holmberg och Pinak (1), samt Thorne (2), betonar att övningar i medicinskt omhändertagande av strålskadeoffer utifrån realistiska händelseförlopp ökar förmågan till adekvat medicinsk handläggning. Detta gäller särskilt när utbildningen ges fysiskt på plats, vilket bland annat belagts av Lamkowski et al. (3). Thorne menar också i sin genomgång att bestrålning av delar av kroppen, då hematopoetiska effekter generellt sett inte är dödliga utan vid vilka gastrointestinala symtom och/eller hudskador utgör det största hotet mot patientens liv, behöver studeras mer. Möjligen finns här ett värde för svensk beredskap i att utarbeta lathundar med klinisk vägledning som är applicerbara i svensk sjukvård.

#### *Intern kontaminering*

Två studier publicerade de senaste åren har detaljstuderat internkontaminering via inhalation av plutonium. Studierna är publicerade av Poudel et al. (4) och Dumit et al. (5) och beskriver dosberäkningar och försök till mitigerings av stråldoser med hjälp av Ca-DTPA. Ca-DTPA är ett läkemedel som ingår i den svenska beredskapsplaneringen för RN-händelser. Studierna ger vägledning i metodik för att bestämma stråldos från internkontaminering med syfte att undvika fallgropar och därmed felaktig dosestimering.

#### *Strålskydd diskuterat vid symposium ICRP 2022*

Ett symposium arrangerades 2022 av internationella strålskyddskommissionen (ICRP) för att samla in synpunkter om kommissionens grundläggande vägledande principer, dess publikationer och arbete. I samband med detta lämnade även KcRN synpunkter, som sammanfattningsvis går ut på:

- Kritik har funnits mot användning av kostsamma åtgärder, såsom friklassning av material med ringa radioaktiv kontamination eller minskning av låga stråldoser (under 1 mSv) för fåtal exponerade personer. Dessa åtgärder fokuserar ofta endast på minimering av stråldoser, istället för optimal användning av samhällets resurser. KcRNs bedömning är att kritiken har varit befogad och att ansträngningar krävs för att hitta rätt balans mellan kostnad och nytta.
- Alternativa strålskyddsprinciper som exempelvis betonar vikten av att begränsa höga enskilda persondoser bör kunna prövas etiskt mot den mer gängse ingången som består av att minimera kollektivdos.

- Etablerade etiska principer för att avgöra vilka åtgärder som är rätt måste hållas i fokus. ICRP har ibland fokuserat på diffusa värdeord vilket knappast hjälper i det praktiska strålskyddsarbetet vid olika radionukleära händelser.

### Övrigt

En större samling av referat av vetenskapliga artiklar, kommentarer och omvärldsbevakning finns tillgänglig på <https://sremc-kcrn.org/>

## Utsläpp av bearbetat vatten vid Fukushima Daiichi

Under hösten 2023 startades en lång serie planerade utsläpp av bearbetat vatten från den skadade kärnkraftsanläggningen Fukushima Daiichi. Det bearbetade vattnet släpps ut i havet utanför anläggningen. Efter den omfattande olyckan 2011 har grund- och regnvatten som varit i kontakt med radioaktivt material i anläggningen, delvis som kylvatten för reaktorer, lagrats i närliggande bassänger. På anläggningen har sedan olyckan cirka 90 m<sup>3</sup> kontaminerat vatten, motsvarande två-tre fraktcontainrar, genererats varje dygn. Vattnet som är kontaminerat med olika radionuklider har renats och lagrats i tankar på plats. De olika reningsstegen har kraftigt minskat innehållet av mer potenta radionuklider, såsom <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr. Därefter har vattnet renats ytterligare i vad som kallas Advanced Liquid Processing System (ALPS), vilket även tar bort en lång rad andra radionuklider. Efter detta steg återstår endast <sup>3</sup>H, som är tekniskt mycket svårt att separera från icke-radioaktivt väte. Vattnet har slutligen lagrats i tankar.

Utsläppen sker kontrollerat under ett antal dagar i taget, ungefär månatligen, och planeras pågå i 30 år. Utsläppen sker efter kraftig spädning med havsvatten och pumpas ut ca 1 km från stranden. Innan utsläppen startade fanns ca 1000 tankar fyllda med 1000 m<sup>3</sup> vatten vardera på området. Syftet med utsläppen är att minska dessa mängder vatten, som förvaras i ett område som skulle kunna drabbas av nya olyckor och därmed innebära risk för läckage i närområdet. Mängderna radioaktiva ämnen som nu släpps ut under kontrollerade former är inte speciellt stora. Exempelvis är mängden <sup>3</sup>H som släpps ut cirka 22 TBq per år, vilket kan jämföras med de 100 PBq <sup>3</sup>H som produceras på jorden av kosmisk strålning varje år (det vill säga 5000 ggr mer än de kontrollerade havsutsläppen).

Huvuddelen (mer än 90%) av stråldosen till en "representativ person", en fiktiv person i området som äter mycket fisk och skaldjur och därmed tillhör de mest exponerade grupperna på grund av utsläppen, kommer från <sup>129</sup>I, <sup>55</sup>Fe, <sup>14</sup>C och <sup>79</sup>Se; <sup>3</sup>H bidrar endast med en mycket liten del av stråldosen. En rad internationella laboratorier kommer i samarbete genom IAEA validera de mätningar som görs kontinuerligt på det bearbetade vattnet som släpps ut.

Det ska betonas att hittills har varken <sup>55</sup>Fe eller <sup>79</sup>Se detekterats i det ALPS-bearbetade vattnet, men vid beräkningar av doser har man ändå antagit att dessa ämnen ändå kan återfinnas där, i nivå med mätinstrumentens detektionsgräns. Sådana konservativa antaganden finns på många ställen i beräkningarna. De estimerade stråldoserna till "representativ person" beräknas till 2-40 nSv per år. Detta är således mycket små mängder och motsvarar ungefär 20 minuters bakgrundsstrålning i Sverige. I de potentiella olycksscenarier för vilka doser har uppskattats, och vid vilka vattentankar går sönder och vattnet läcker ut i närområdet, rör det sig om 0.2-10 µSv till "representativ person" och motsvarar således ca en veckas normal bakgrundsstrålning. Vid en sådan olycka skulle en uppmaning att undvika att äta fisk från närområdets vatten kraftigt reducera denna begränsade stråldos.

KcRN har under året läst och diskuterat den oberoende rapport "IAEA Comprehensive Report on the Safety Review of the ALPS-Treated Water at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station" som IAEA tagit fram om utsläppen. IAEA konkluderar i sin rapport att beräkningarna vilar på solida uppskattningar. De planerade utsläppen av ALPS-bearbetat vattnet sker i enlighet med "relevanta internationella säkerhetsföreskrifter". IAEA hävdar dessutom att utsläppen kommer att ge "försumbar radiologisk påverkan på människor och miljö". IAEA påpekar att Japans tillämpade dosgräns till "representativ person" på 50  $\mu\text{Sv}$  per år är klart lägre än vad man generellt använder internationellt (IAEA safety standards anger 100-1000  $\mu\text{Sv}$  per år). Förväntad exponering är alltså med mer än en faktor 1000 under dosgränsen.

Japan har dessutom satt krav på att aktivitetskoncentration för  $^3\text{H}$  i utsläppsvattnet ej får överstiga 1.5 kBq/l. Detta är långt lägre än vad som skulle krävas för att respektera dosgränserna. Detta gör att fler renings- och spädningssteg än nödvändigt har implementerats av andra skäl, vilket har ökat kostnaderna för hanteringen. IAEA påpekar att det är viktigt att tydliggöra att detta inte görs på grund av strålningsrisker. Oberoende mätningar utförda av IAEA efter att utsläppen genomförts har bekräftat att nivåerna av radioaktivitet är under de gränsvärden som satts upp.

*Betydelse för den svenska hälso- och sjukvårdens katastrofmedicinska beredskap:* Från KcRNs sida noterar vi att Japan konsekvent valt att lägga sig långt under de dosgränser och nivåer som IAEA Safety Standards och ICRP har etablerat. Det orsakar omfattande kostnader att sänka redan låga stråldoser till ytterligare lägre nivåer, vilket har ifrågasatts att vara samhällsekonomiskt försvarbart. Marginalkostnaden för strålskydd är viktig att beakta, särskilt med tanke på den överdrivna rädsla som ofta blossar upp när strålning och radioaktivitet nämns i politiska och samhälleliga sammanhang. Även om utsläppen sannolikt inte kommer att orsaka några direkta frågor för sjukvården är det intressant ur beredskapshänseende att studera hur hälsorelaterad oro kan påverkas. Denna oro i relation till strålning kan dessutom leda till ett politiskt tryck som driver fram kostnadsineffektiva åtgärder.

## Referenser

1. Holmberg O, Pinak M. How often does it happen? A review of unintended, unnecessary and unavoidable high-dose radiation exposures. Vol. 41, Journal of Radiological Protection. IOP Publishing; 2021. s. R189–201. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/ac0d64>
2. Thorne MC. Responding to radiation accidents: what more do we need to know? Vol. 42, Journal of Radiological Protection. IOP Publishing; 2022. s. 031003. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/ac8c4c>
3. Lamkowski A, Combs SE, Abend M, Port M. Training of clinical triage of acute radiation casualties: a performance comparison of on-site versus online training due to the covid-19 pandemic. Vol. 41, Journal of Radiological Protection. IOP Publishing; 2021. s. S540–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/ac13c2>
4. Poudel D, Dumit S, Bertelli L, Miller G, Macsik Z, Klumpp J. Dose Assessment Following a  $^{238}\text{Pu}$  Inhalation Incident at Los Alamos National Laboratory. Vol. 124, Health Physics. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health); 2022. s. 88–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000001628>
5. Dumit S, Miller G, Poudel D, Bertelli L, Klumpp J. Chelation Model Validation: Modeling of a Plutonium-238 Inhalation Incident Treated with DTPA at Los Alamos National Laboratory. Vol. 124, Health Physics. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health); 2022. s. 113–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000001647>