

## Radioaktivna kontaminacija mlijeka i radiološka zaštita\*

Mr. Marin CINDRIĆ, Karlovačka industrija »KIM«, Karlovac

Autorski pregled — Author's review  
Prispjelo: 20. 9. 1991.

UDK:637.04

### Sažetak

*Pregled objavljenih podataka i zapažanja o radioaktivnim zagađivačima u atmosferi poslije nuklearnih eksplozija ili ispuštanja radionuklida iz nuklearnih postrojenja koji izlažu ljude ionizirajućem zračenju i povećavaju mogućnost štetnog djelovanja na zdravlje. Kao posebno važni, u slučaju nezgoda nuklearnih reaktora, izdvajaju se  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$ .*

*Osim prikaza veličina koje se primjenjuju u radiološkoj zaštiti navode se i preporuke Međunarodne komisije za ostvarenje optimalne radiološke zaštite.*

*Natuknice: Radiološka kontaminacija mlijeka,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$ , Radiološka zaštita.*

### Uvod

Ispuštanje radioaktivnih tvari u okoliš, u slučaju nuklearnih eksplozija ili ispuštanjem radionuklida u zrak iz nuklearnih postrojenja, potencijalno izlaže populaciju ljudi ionizirajućem zračenju i povećava rizik učinaka štetnih po zdravlje (WHO, Selected Radionuclides, 1973).

Atmosfera je primarni recipijent zračnih radioaktivnih zagađivača bez obzira odakle oni proizlaze (IAEA, Safety Series N° 75, 1986).

Nuklearni akcidenti dovode do nekontroliranog ispuštanja radioaktivnih tvari. Slika 1. prikazuje shemu puta radionuklida od takvog ispuštanja u atmosferu do čovjeka (IAEA, 1986). Radionuklidi iz atmosfere deponiraju se na površinu zemlje u manjoj količini vezani na aerosole, a većina stiže na površinu padavinama.

Izloženost ljudi radioaktivnim tvarima zbog atmosferske kontaminacije poslije nuklearnih akcidenata može biti:

- vanjska (iz radioaktivnih oblaka),
- unutrašnja (od radioaktivnih tvari unijetih u organizam inhalacijom),
- vanjska (od radioaktivnih tvari deponiranih na površinu zemlje),
- unutrašnja (od radioaktivnih supstanci unijetih u organizam ingestijom kontaminirane hrane, posebno vode).

Međunarodne institucije provode istraživanja u namjeri da se primljene doze vanjskom i unutrašnjom izloženosti svedu na ograničenu mjeru, vodeći računa o posljedicama zračenja (ICRP Publications — 40, 1984; 45, 1985).

Tablica 1. ukazuje na moguće puteve izloženosti ljudi u pojedinoj fazi akcidenta i odgovarajuće zaštitne mjere koje je predložila Međunarodna agencija za atomsku energiju zbog smanjenja radijacijske doze (IAEA Safety Series, 72, 1985).

\* Izvadak iz magistarskog rada

**Tablica 1. Putevi izloženosti, faze akcidenta i zaštitne mjere za smanjenje radijacijskih doza (Barnes et al. 1979).**

Potencijalni putevi izloženosti	Faze akcidenta	Zaštitne mjere
1. Vanjska radijacija iz nuklearnog postrojenja	Rana	Sklanjanje Evakuacija Kontrola ispuštanja
2. Vanjska radijacija od radioaktivnog oblaka		Sklanjanje Evakuacija Kontrola ispuštanja
3. Inhalacija radiaktivnog oblaka		Sklanjanje Primjena stabilnog joda Evakuacija Kontrola ispuštanja
4. Kontaminacija kože i odjeće	Srednja	Sklanjanje Evakuacija Dekontaminacija osoba
5. Vanjska radijacija od deponiranih radionuklida		Evakuacija Preseljenje Dekontaminacija tla i objekata
6. Inhalacija resuspendiranih radionuklida		Preseljenje Dekontaminacija tla i objekata
7. Ingestija kontaminirane hrane i vode	Kasna	Kontrola hrane i vode

U slučaju nuklearnog akcidenta kao neočekivanog i nekontroliranog događaja izuzetno je važna brza detekcija radionuklida na putu izloženosti populacije kako bi se efikasno primijenile metode zaštite.

Međunarodna komisija za radiološku zaštitu koristi ekvivalent doze odnosno efektivni ekvivalent doze kao najbolju mjeru za procjenu štetnosti za izloženog pojedinca u populaciji (ICRP, Publication 29, 1979).

Poslije akcidenta na nuklearnim postrojenjima u zraku se pojavljuje niz radionuklida od kojih su posebno važni, zbog postotka njihovog nastajanja pri nuklearnoj fisiji, fizikalno-kemijskih karakteristika i zbog prijenosa u prehrambeni lanac što dovodi do tjelesnog opterećenja čovjeka,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  (WHO, 1986, UNSCEAR, 1982, Breuer et al. 1971, Radovanović, 1974, Brnović, 1973, Bauman et al. 1981).

#### Jod

Jod je halogeni element. Hlapiv je i vrlo pokretan u okolici. Od svih halogena u prirodi najmanje je rasprostranjen. Postoji 25 izotopa joda masenog broja 117 do 141. Svi su, osim  $^{127}\text{I}$  radioaktivni.

Obzirom na kontaminaciju okoline i rezultirajuće doze za populaciju, najvažniji je  $^{131}\text{I}$  (WHO, 1983). Beta-gama emiter  $^{131}\text{I}$  vremena poluraspada ( $T_{1/2}$ ) od 8,04 dana (ICRP Publication 38, 1983), maksimalne je beta energije od 0,81 MeV i emisije gama zraka od 0,36 MeV (WHO, 1983).

U prirodi se nalazi uglavnom kao posljedica eksperimenata s nuklearnim oružjem, ispuštanja iz nuklearnih reaktora, ispuštanja iz postrojenja za

reciklažu i spontane fisije prirodnog urana (Hoffman, 1977, IAEA Technical report Service No 21, 1986).

Prilikom rada nuklearnih reaktora ispušta se određena količina joda u različitim kemijskim oblicima. U znatnijim količinama u ispuštima se nalaze elementarni jod, organski jod i hipojodna kiselina. Putevi normalnog ispuštanja joda iz nuklearnih postrojenja dobro su proučeni (UNSCEAR, 1982; IAEA 1980). Oni se uklanjaju iz plinovitih efluenata pomoću filtera visoke efikasnosti. U slučaju nuklearnog akcidenta dominantan je interni kontaminant  $^{131}\text{I}$ . Neposredno nakon akcidenta izotopi kratka vijeka  $^{132}\text{I}$ ,  $^{134}\text{I}$  i  $^{135}\text{I}$  mogu znatno pridonijeti ukupnoj dozi na populaciju, međutim zbog dužeg vremena poluraspada i efektivnog vremena poluraspada od 7,5 dana  $^{131}\text{I}$  predstavlja glavnu opasnost za čovjeka (Heinemann, Vogt, 1977).

Najznačajniji put ekspozicije čovjeka je put: Zrak — vegetacija — krava — mlijeko — čovjek.

Općenito je prihvaćeno da se  $^{131}\text{I}$  unosi u organizam najviše mlijekom, no nesumljivo je da i druge namirnice (svježe voće i povrće) mogu doprinijeti njegovom unosu.

Velike količine  $^{131}\text{I}$  ispuštene su u atmosferu nakon akcidenta u Windscaleu (740 TBq), a prema procjenama Crick i suradnika (prema UNSCEAR, 1982) za štitnjaču je kolektivna doza integrirana za čitavog života bila 1,8 E + 4 čovjek Gy, od koje se 25% pripisuje inhalaciji, a 75% ingestiji kontaminirane hrane. Kako je jod izrazito hlapiv element, nakon inhalacije ili ingestije vrlo se brzo apsorbira u krv, odakle ga selektivno uzima štitna žlijezda (Ghahremani et al. 1971).

Veliki afinitet štitnjače prema jodu, sposobnost da ga koncentrira čak 25 puta, u odnosu na krv, rezultira velikom dozom zračenja na malom volumenu tkiva (Gyton, 1978).

Interna kontaminacija radiojodom može biti uzrokom nastanka radijacijskog tiroiditisa (uz veće doze), hipotireoze (uz veće ali i manje doze, ponekad s latencijom od 20 godina ili karcinoma štitnjače (uz srednje i male doze), najčešće 10 ili više godina nakon eksplozije (Kargačin, 1984). Posebno su osjetljive na zračenje jodom štitnjače fetusa (Jonson, 1982), a zbog količina konzumiranog mlijeka u odnosu na male štitne žlijezde (Kargačin, 1984) kritičnu skupinu stanovništva čine djeca od 6 do 18 mjeseci starosti.

Na temelju navedenoga postoje vidljiva i uloga mljekare, proizvodnog i društvenog subjekta, u zaštiti stanovništva od kontaminacije radioaktivnim jodom putem mlijeka i mliječnih proizvoda, obzirom na činjenicu da u našim uvjetima mljekare utječu na proizvodnju ili potpuno kontroliraju proizvodnju, prikupljanje, preradu i distribuciju mlijeka. Zamjena kontaminirane stočne hrane nekontaminiranom, prerada mlijeka u druge mliječne proizvode i snabdijevanje stanovništva nekontaminiranim mlijekom su neke od mjera u slučaju nuklearnog akcidenta.

U slučaju veće kontaminacije potrebno je primijeniti sredstva koja će smanjiti apsorpciju joda u štitnjači, a u tom se smislu kao najdjelotvorniji pokazao stabilni jod u obliku kalijeva jodida (Holden, 1982).

### Cezij

U literaturi se nalaze podaci o 22 izotopa cezija od kojih se prema postojećim mogućnostima mjerenja samo  $^{137}\text{Cs}$  smatra stabilnim (Radovanović, 1974).

Cezij je alkalni element, metaboličkim osobinama sličan rubidiju i kaliju. Poseban interes za prisustvo i rasprostranjenost cezija u prirodi javio se u razdoblju intenzivnog eksperimentiranja nuklearnim oružjem (Eisenbund, 1973).

Od svih izotopa cezija, zbog dugog vremena poluraspada ( $T_{1/2} = 30,17$  godina) (ICRP Publication 38, 1983) i relativno velikog prinosa prilikom nuklearne fisije  $^{137}\text{Cs}$  jedan je od najznačajnijih fisijskih proizvoda.

O  $^{137}\text{Cs}$  se govori kao o beta-gama-emiteru (WHO, 1984). Osnovni izvori koji danas uvjetuju prisustnost  $^{137}\text{Cs}$  u životnoj sredini su nuklearne edsplozije, otpadne radioaktivne tvari, akcidenti u nuklearnim postrojenjima.

Resorpcija, migracija i translokacija  $^{137}\text{Cs}$  u biološkim populacijama uvjetovane su količinama kalija u njima. Mnoga istraživanja o akumulaciji  $^{137}\text{Cs}$  u tlu, bilju, životinjama i čovjeku vrlo se mnogo objavljuju (Saračević et al. 1983, Tamura i Jacobs, 1960, Đurić, 1979) i to posebno poslije otkrića činjenice da je genetska opasnost od tog izotopa mnogo veća nego od ostalih fizijskih proizvoda (Kljaić, 1981).

Poslije ingestije se cezij apsorbira u krv brzo i potpuno. Kritički organ ne postoji. Cezij se nalazi u intracelularnim prostorima gotovo svih tkiva, odakle se kao kalij zamjenjuje ionskom izmjenom (Moore i Comar, 1962). Iz organizma se izlučuje ekskretima (urin i feces) i sekretima (mlijeko), a biološko vrijeme poluraspada za odrasle je 50 do 150 dana (Eisenbund, 1973).

Cezij-137 nastaje i u fisiji goriva nuklearnih reaktora. Osim  $^{137}\text{Cs}$  pri radu nuklearnih reaktora otpušta se i određena količina  $^{134}\text{Cs}$  otprilike za 60% manja.

Fizikalno vrijeme poluraspada  $^{134}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}$ ) je 2,06 godina (ICRP Publication 38, 1983) dok mu je biološko vrijeme poluraspada jednako onome  $^{137}\text{Cs}$  (50 do 150 dana).

U organizmu se zamijenjuje kalijem i distribuira u čitavom tijelu. Velike količine cezija ( $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$ ) ispuštene su prilikom akcidenata u nuklearnim postrojenjima, a najviše je studija o depoziciji, translokaciji i akumulaciju provedeno poslije akcidenata u Windscaleu i Three Miles Island (UNSCEAR, 1982).

### Stroncij

Jedan od najvažnijih elemenata smjese fisijskih proizvoda je beta-emiter stroncij ( $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$ ).

Kemijski je sličan kalciju, što omogućuje da ga zamijeni u normalnom metabolizmu izmjenene tvari. U organizmu ljudi i životinja odlaže se u kostima, a eliminiranje jednom inkorporiranog stroncija vrlo je sporo (Barnes et al. 1979). Biološko vrijeme poluraspada ( $B_{1/2}$ )  $^{90}\text{Sr}$  je 50 godina za kost, a 36 godina za cijelo tijelo, što rezultira efektivnim vremenom poluraspada od 15 godina (ICRP Publication 10, 1968).

Najčešći put unosa stroncija u organizam čovjeka su kontaminirana hrana i voda, a količina apsorbiranog stroncija u organizmu ovisi o količini kalcija u hrani (WHO, 1983).

Vrijeme poluraspada  $^{89}\text{Sr}$  ( $T_{1/2}$ ) je 50,5 dana (ICRP Publication 38, 1983) i relativno kratko je prisutan u okolini, osim ako se ponovno ne stvara nuklearnim eksplozijama ili akcidentima u nuklearnim postrojenjima.

U prirodi se ponaša kao  $^{90}\text{Sr}$ , ali zbog kraćeg vremena poluraspada do čovjeka dolazi uglavnom folijarnom depozicijom na usjeve.

Vrijeme poluraspada  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{1/2}$ ) je 29,12 godina. On je samo beta-emiter, a radioaktivnim raspadom prelazi u  $^{90}\text{Y}$  visoke beta-energije. Zbog dugog vremena poluraspada i aktivnog uključivanja u lanac prehrane ljudi  $^{90}\text{Sr}$  dugovremeni je kontaminant čovjekove okoline.

Stvara se fisijom teških elemenata i poslije nuklearnih pokusa, u normalnom radu nuklearnih reaktora i u slučaju nuklearnih akcidenata. Njegova prisutnost u padavinama dovodi do kontaminacije prehrambenog lanca, što predstavlja glavni rizik za čovjeka.

Depozicija  $^{90}\text{Sr}$  na površinu usjeva i njegova translokacija na putu do čovjeka izučava se još od vremena prvih nuklearnih pokusa (Fowler, 1965).

Nakon ingestije 25%  $^{90}\text{Sr}$  apsorbira se u ekstracelularnim tekućinama dok se nakon inhalacije apsorbira približno 30% (ICRP Publication 10, 1968) Gotovo polovina unijetog stroncija fiksira se u kostima. Mogućnost nastanka osteosarkoma, leukemije ili genetičkih oštećenja opisuje niz radova (Barnes et al. 1979).

Stroncij nastao pri fisiji goriva nuklearnog reaktora količinski varira ovisno o sastavu goriva, tipu reaktora i postignutom stupnju sagorijevanja goriva.

Prema podacima o ispuštanju stroncija prilikom nuklearnih akcidenata u Windscale i Three Miles Island može se zaključiti da ga je u atmosferu ispušteno mnogo manje nego  $^{131}\text{I}$  i  $^{137}\text{Cs}$  (UNSCEAR, 1982).

Apsorpciju radioaktivnog stroncija može znatno umanjiti stabilniji stroncij, kalcij, fosfati, barijev sulfat aktiviran kalcijem i alginat (Kargačin, 1984).

U tom smislu trebalo bi proučiti upotrebu mlijeka obogaćenog kalcijem i fosfatima.

## RADIOLOŠKA ZAŠTITA

Veličine primjenjene u radiološkoj zaštiti (ICRP Publication 42, 1984)

Proučavanje efekata zračenja na biološku sredinu temelji na povezivanju vjerodostojnosti datog učinka s fizikalnom veličinom koja karakterizira interakciju zračenja s tom sredinom. Osnovna je fizikalna veličina za tu svrhu energija apsorbirana po jedinici mase ozračenog biološkog tkiva. To je apsorbirana doza (D) a dana je izrazom:

$$D = - \frac{dE}{dm}$$

dE = srednja energija koju predaje ionizirajuće zračenje

dm = masa ozračenog tkiva

SI jedinica za apsorbiranu dozu je grej (Gy):

$$1 \text{ Gy} = \text{J} \times \text{Kg}^{-1}$$

Za bolje vrednovanje bioloških posljedica izlaganja ionizirajućem zračenju uz razine apsorbirane doze koje se redovito susreću u zaštiti od zračenja, Međunarodna komisija za radiološku zaštitu definirala je jednu ponderiranu veličinu ekvivalent doze (H).

Ekvivalent doze (H) definiran je fizikalnom veličinom apsorbirane doze (D), biološkim faktorom kvalitete zračenja i biološkim faktorom modifikacije (N), koji predstavlja korekcionni faktor, a obuhvaća ovisnost bioloških efekata

o uvjetima ozračivanja. Taj faktor uzima u obzir izvjesne okolnosti, koje su eksperimentalno ustanovljene. Na primjer, ako se vodi računa o nejednakoj raspodjeli deponiranih radionuklida u organizmu, onda modifikacioni faktor predstavlja faktor distribucije koji svojim vrijednostima doprinosi ukupnom ekvivalentu doze.

Biološki faktor kvalitete (Q) vodi računa o činjenici da ista apsorbirana doza različite vrste zračenja može izazvati i različite efekte na organizmu.

Matematički izraz za ekvivalent doze je  $H = D \times Q \times N$

D = apsorbirana doza

Q = faktor kvalitete

N = faktor koji predstavlja produkt niza drugih bioloških faktora

SI jedinica za ekvivalent doze je sivert (Sv)

$$1 \text{ Sv} = \text{J} \times \text{Kg}^{-1}$$

Za potrebu procjenjivanja radijacionog rizika pri kojem se uzima u obzir parcijalno i uniformno ozračivanje ljudskog tijela definiranje efektivni ekvivalent doze ( $H_E$ ) koji se matematički izražava

$$H_E = \sum W_i H_i$$

$W_i$  = faktor mase koji predstavlja dio stohastičkog rizika koji potječe od i-tog tkiva u odnosu na ukupni rizik kada je ozračeno cijelo tijelo

$H_i$  = srednji ekvivalent doze u i-tom tkivu ili organu

Si = jedinica za efektivni ekvivalent doze je sivert (Sv).

#### Ostvarenje optimalne radiološke zaštite

Preporuka Međunarodne komisije za radiološku zaštitu od 1977. godine (ICRP-26, 1977) predstavlja najvažnije novine u filozofiji radiološke zaštite. Radi postizanja što bolje zaštite Komisija predlaže da se razluče dva tipa djelovanja zračenja, ovisno o apsorbiranoj dozi:

a) Stohastički efekti su oni za koje je vjerojatnost događaja slučajna to jest veza između doze i djelovanja je stohastička.

Na primjer, nasljedni efekti mogu se smatrati stohastičkim, odnosno efektima koji nemaju praga i za koje se pretpostavlja linearna ovisnost o dozi. Osim toga neki somatski efekti su također stohastički, a karcinogeneza se smatra glavnim somatskim rizikom pri niskim dozama, pa ona predstavlja glavni problem u radiološkoj zaštiti.

b) Nestohastički efekti su oni za koje ozbiljnost efekta ovisi o dozi i za koje je prema tome moguće odrediti pragove.

Neki nestohastički efekti specifični su za određena tkiva. Takvi su zamućenje očne leće, nemaligna oštećenja kože, smanjenje broja stanica u koštanoj srži koje dovodi do hematoloških deficijencija i oštećenja stanica u gonadama a time i do smanjenja plodnosti. Za sve te promjene jačina efekta ovisi o jačini primljene doze i vjerojatno postoji jasan prag ispod kojega nema štetnih efekata. Kao mjere sigurnosti za otklanjanje pojave nestohastičkih efekata potrebno je odrediti ekvivalentnu graničnu dozu za sva tjelesna tkiva.

Svrha zaštite od zračenja je sprečavanje štetnih nestohastičkih efekata i ograničenje mogućih stohastičkih efekata na razinu koja se smatra prihvatljivom.

Međunarodna komisija za radiološku zaštitu definirala je tri osnovna principa na kojima mora temeljiti zaštita od zračenja:

1) Opravdanje za izvođenje određene radnje

Budući da zaštita od zračenja temelji na pretpostavci linearne veze između doze i efekta, ne postoji doza koja se može smatrati apsolutno sigurnom.

Zbog toga je potrebno da se upotreba zračenja mora temeljiti na analizi mogućih koristi u usporedbi s rizicima.

2) Optimalizacija radiološke zaštite

Međunarodna komisija za radiološku zaštitu definira navedeni zahtjev kako slijedi:

«Sve se doze moraju učiniti onoliko malim koliko je to razumno moguće, uzimajući u obzir ekonomske i društvene faktore».

Taj se princip zove ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

3) Ograničenje doze upotpunjava princip opravdanja i optimizacije

Granice se postavljaju tako da spriječe nestohastičke efekte i da ograniče pojavu stohastičkih efekata na prihvatljivu razinu. Međunarodna komisija za radiološku zaštitu dala je 1977. godine nove granice ekvivalentne doze zasnovane na totalnom riziku povezanom s izlaganjem zračenju svih tkiva. U tom smislu Komisija predlaže godišnju granicu efektivnog ekvivalenta doze od 5 mSv za stanovništvo, za ozračenje cijelog tijela (ICRP Publication 26, 1977). Sada Komisija smatra da bi uz pretpostavku razine rizika od  $10^{-2}\text{Sv}^{-1}$  uz ozračenje, koje bi djelovalo za čitavog života, bilo potrebno smanjiti granicu ekvivalenta doze na 1 mSv godišnje (ICRP Publication 43, 1977). Za neke godine dopušteno je ograničenje godišnjeg ekvivalenta doze od 5 mSv pod uvjetom da prosječni godišnji efektivni ekvivalent doze za čitavog života ne prijeđe vrijednost 1 mSv (ICRP, Publication 43, 1977).

## RADIOACTIVE MILK CONTAMINATION AND RADIOLOGICAL PROTECTION

### Summary

*Review of data and observations relative to radioactive contaminants after nuclear explosions or reactor accidents exposing mankind to ionizing radiation increasing risk of detrimental health effects.*

*In case of reactor accidents as extra-important could be set aside  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  and  $^{90}\text{Sr}$ .*

*Besides a survey of measures applied in radiological protection International Commission's recommendations are quoted relevant to realisation of optimal radiological protection.*

*Additional index words: Radioactive milk contamination,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , Radiological protection*

### Literatura

- ANNALS OF THE ICRP (1977): Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. ICRP Publication 43. Pergamon Press, Oxford.
- BARNES, D.W.H. et al. (1979):  $^{90}\text{Sr}$  induced osteosarcomas in radiation chimaeras. Inst. J. Radiat. Biol. (18), 531—537.
- BAUMAN, Alica et al. (1981): Godišnja doza koju primi stanovništvo SR Hrvatske hranom XI Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja, Portorož.

M. Cindrić: Radioaktivna kontaminacija... Mljekarstvo 41 (9) 245—252, 1991.

BREUER, M., DE BARTOLI, M. (1971): Behaviour of Radioiodine in the Environment and in Man. XVII Congress of the Associazione Italiana di Fisica Sanitaria e Protezione contro le Radiazioni, Monteporzio Catone, 5—7 October.

BRNOVIĆ, R. (1973):  $^{90}\text{Sr}$  u životnoj okolini čovjeka. Magistarski rad, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije »Dr Dragomir Karajović«, Beograd.

CINDRIĆ, M. (1989): »Utjecaj povećane radioaktivnosti na radiološku kontaminaciju mljeka«, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Magistarski rad.

DURIĆ, G. (1979): Hronična alimentarna kontaminacija radioaktivnim  $^{137}\text{Cs}$  živine u intenzivnom uzgoju, Disertacija Veterinarski fakultet u Beogradu.

EISENBUND, M. (1973): Environmental Radioactivity, Academic Press, New York.

FOWLER, E. B. (1965): Radioactive Fallout, Soils, Plants, Foods, Man. Elsevier Publishing Co. Amsterdam.

HEINEMANN, T., VOGT, J. J. (1977): Conception for the measurement of the critical environmental exposure by radioiodine in the case of reactor accidents. IAEA Vienna.

HOFFMAN, F. O. (1977): A reassessment of the deposition velocity in the prediction of the environment transport of radioiodine from air to milk. Health Phys. (32), 437—441.

IAEA (1986): Bulletin (28), No 3, Vienna.

IAEA (1986): Derived Intervention levels for application in the event of a nuclear accident or radiological emergency Safety Series No. 81, Vienna.

IAEA (1985): Principles for establishing intervention levels for the protection of the public in the event of a nuclear accident or radiological emergency. Safety Series No. 72, Vienna.

IAEA (1980): Radioiodine removal in nuclear facilities. Methods and techniques for normal and emergency situations. Technical Report Series No. 201, Vienna.

IAEA (1986): Summary report on the post-accident review Meeting on the Chernobyl Accident. Safety Series No. 75 — INSAG — 1, Vienna.

ICRP (1985): Principles of monitoring for the radiation protection of the population. Publication No. 43. Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1984): Protection of the public in the event of major radiation accidents: Principles of planning. Publication 40. Ibidem.

ICRP (1979): Radionuclides release into the environment: Assessment of doses to man. Publication 29. Ibidem.

ICRP (1983): Radionuclide transformations — energy and intensity of emissions. Publication 38. Ibidem.

ICRP (1977): Recommendations of the International commission on radiological protection. Publication 28. Ibidem.

ICRP (1968): Report of committee 4 on evaluation of radiation doses to body tissues from internal contamination due to occupational exposure. Publication 10. Ibidem.

JONSON, J. R. (1982): Fetal thyroid dose from intakes of radioiodine by the mother. Health Phys. (43), 573—582.

KARGAČIN, B. (1984): Metode za sniženje tjelesne retencije nekih radionuklida. Disertacija, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb.

KLJAJIĆ, R. (1981): Prilog istraživanju radioaktivne kontaminacije fisionim produktima ( $\text{Cs-137}$  i  $\text{Sr-90}$ ). Magistarski rad, Veterinarski fakultet u Sarajevu.

MOORE, W., COMAR, C.L. (1962): Absorption of caesium-137 from the gastrointestinal tract of the rat. Inst. J. Radiat. Biol. (5) 247—254.

RADOVANOVIĆ, R. G. (1974): Translokacija  $^{137}\text{Cs}$  u glavnim fazama ciklusa animalne proizvodnje pod uslovima kronične kontaminacije životne sredine. Disertacija, Veterinarski fakultet u Beogradu.

SARAČEVIĆ, L. et al. (1983): Migracija  $\text{Sr-90}$  i  $\text{Cs-137}$  u tlu u zavisnosti od vrste tla i nadmorske visine XII Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja, Ohrid.

TAMURA, T., JACOBS, D. G. (1960): Structural implications in caesium sorption Health Phys. (2) 391—398.

UNSCEAR (1982): Ionizing radiation: Sources and biological effects. New York.

WHO (1983): Selected radionuclides Geneva: 68—69, 90—115, 116—142.