

Zajecar

JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠĆITO PRED SEVANJI

ZBORNIK RADOVA

**XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ
ZAŠTITE OD ZRAČENJA**

K N J I G A I



P U L A 10-13. 06. 1985.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. lipnja 1985.

ORGANIZACIONI ODBOR

Anovski T., Despotović R., Horvat Đ., Knežević Lj.,
Križman M., Lulić S., Momčilović B., ~~Morina H.~~,
Križman M., Lulić S., Momčilović B., ~~Morina H.~~,
Čremošnik-Pajić P. i Simić B.

REDAKCIJSKI ODBOR

Despotović R., Horvat Đ., Marković P., Momčilović B.
i Radovanović R.

TEHNIČKI ODBOR

Franić Z., Hajnić V., Kubelka D., Mikulec I., Račić J.,
Sokolović E., Tanasijević Z., Veselić Ž. i Zupčić M.

STRUČNO-TEHNIČKA ORGANIZACIJA

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
~~Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada~~
Zagreb, ul. Moše Pijade 158

Redakcioni odbor ne odgovara za tehničke i ostale propuste
u onim radovima, čiji se autori nisu u cijelosti pridržava-
li uputstava za pisanje

Tiskanje Zbornika radova i ostalih materijala, te organizaciju 13. jugoslavenskog simpozija zaštite od zračenja novčano su pomogli:

- Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske
- Samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad u oblasti zdravstva, socijalne zaštite, farmaceutske industrije i odgovarajućoj trgovачkoj djelatnosti SR Hrvatske (SIZ - V)
- "CROATIA", Zajednica osiguranja imovine i osoba
Zajednica rizika za osiguranje osoba
- "SLAVIJA LLOYD", Zajednica reosiguranja

I

S A D R Ž A J

I Knjiga

Stranica

1. sekcija: Radioekologija

1. Marković P.:

Koncepti kolektivne ekvivalentne doze i kolektivne efektivne ekvivalentne doze i njihova primena u zaštiti od zračenja

1

2. Zarić M.:

Istraživanja zaštite od jonizirajućeg i ne-jonizirajućeg zračenja u okviru "Programa naučnoistraživačke aktivnosti na zaštiti i unapređenju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji"

9

3. Smiljanić R., Patić D.:

Prikaz saradnje u okviru SEV projekta "Meteo-
loški aspekti zagađenja vazduha"

13

4. Lulić S.:

Izvedeni nivoi koncentracije radionuklida u
okolini

17

5. Kljajić R.:

Primena metode "in situ" mjerjenja gamafona poluprovodničkim detektorem

21

6. Saračević L., Milošević Z., Horšić E., Mihalj A.,
Kljajić R.:

Komparacija gravimetrijske i gamaspektrometrijske metode određivanja K-40 u animalnim proizvodima

25

7. Pucelj B., Korun M., Martinčić R., Miklavžić U.: Gama-spektrometrijsko sledenje usadov s pomoćjo vazelinskih plošč	29
8. Cesar D., Novaković M., Cerovac H., Bauman A.: Ekspozicijske doze izmjerenе termoluminiscentnim dozimetrima u SR Hrvatskoj	33
9. Pirš M., Južnič K.: Migracija radionuklidov v tleh	37
10. Mitrović R., Stanković S., Petrović B.: Odnos prirodne i urbane sredine sa radioekološ- kog aspekta	42
11. Jevremović T.: Numeričko vrednovanje ambijentalnih karakteris- tika lokacije NE	46
12. Fatić D., Smiljanić R., Gršić Z.: Uporedna analiza metoda za određivanje kategori- ja stabiliteta prizemnog sloja vazduha	50
13. Marović G., Cesar D., Bauman A.: Varijacije prirodne radioaktivnosti u zraku	54
14. Kovač J., Bauman A.: Doprinos metodologiji određivanja WL	58
15. Kobal I., Smodiš B., Škofljaneč M.: Radon v zraku slovenskih kraških jam	62
16. Franić Z., Maračić M., Bauman A.: Ispust tricija iz ventilacijskog sistema Nukle- arne elektrane Krško	66

17. Korun M., Kobal I., Mohar T., Pucelj B.:	
Določenje tritija v zraku	70
18. Brajnik D., Korun M., Miklavžič U.:	
Študij tehnološko modificirane narave radioaktivnosti v okolju s spektrometrijo žarkov gama	74
19. Lulić S., Martak M.:	
Proračun doze radioaktivnog ozračenja uslijed rada TE Plomin 1 i 2	77
20. Sliepčević A., Krajcar-Bronić I., Herneus E.:	
Kontaminacija uzoraka vode pri mjerenu niskih koncentracija aktivnosti tricija	81
21. Vertačnik A., Lulić S.:	
Određivanje koncentracijskih faktora mikroelemenata na površinama sedimenata metodom NAA	85
22. Mihailović M., Kobal I., Mohar T., Meden S.:	
Tritij u vodama na Krškom polju u okolini NE Krško	89
23. Franić Z., Bauman A.:	
Radioaktivnost Jadranskog mora od 1963. do 1983. godine	92
24. Košutić K., Lulić S.:	
Određivanje ^{89}Sr i ^{90}Sr u riječnoj i podzemnoj vodi	96

	stranica
25. Brnović R., Mijatović Lj., Radovanović R., Vukotić M., Hajduković D.: Neke radiološke i hemijske karakteristike u vodi i sedimentu reka Save i Dunava	100
26. Popovski S., Elenski D.: Prilog prodiranja radionuklida u bunarima za snabdevanje vodom i procena ispravnosti vode za piće	104
27. Nikolovska L., Minčeva B., Anovski T.: Sledenje na nivoto na prirodnata radioaktivnost na lokalitetot Krivolak	108
28. Mihalj A., Horšić E., Saračević L., Kljajić R., Milošević Z., Hasanbašić D.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu stočna hrana - animalni proizvodi	111
29. Šranković S., Mitrović R., Bojović T.: Prirodni i proizvedeni radionuklidi u stočnoj hrani biljnog porekla	115
30. Horšić E., Kljajić R., Mihalj A., Milošević Z., Saračević L., Hasanbašić D.: Koeficijenti nakupljanja urana u sistemu stočna hrana - animalni proizvodi	119
31. Petrović B., Đurić G., Bunčić SS: Doprinos proteinskih sirovina iz uvoza na radiaciono opterećenje stočne proizvodnje	123
32. Srdoč D., Krajcar-Bronić I., Horvatinčić N., Hernaus E.: Koncentracija aktivnosti tricija u oborinama, u površinskim i podzemnim vodama na području sjeverozapadne Jugoslavije	127

33. Radovanović R., Vukotić M.:	
Radijum -226 u ekološkom sistemu stanovnika	
SR Srbije	131
34. Mijatović Lj., Brnović R.:	
Ispitivanje korelacije između olova -210 i	
stroncijuma -90 u ljudskim kostima	137
35. Maračić M., Cesar D., Bauman A.:	
Radioaktivnost životinjskih kostiju	141
36. Stegnar P., Kobal I.:	
Določanje tritija v bioloških vzorcih	145
37. Martinčič R., Miklavžič U., Pucelj B.:	
Redni obhodi okolice NE Krško	149
38. Obelić B., Krajcar-Bronić I.:	
Mjerenje koncentracije aktivnosti ^{14}C u	
okolišu nuklearne elektrane Krško	151
39. Molak B., Srdoč D.:	
Racionalna kontrola kontaminacije okoline	
nuklearne elektrane u normalnom pogonu	155
40. Dedić D., Petrović B., Đurić G.:	
Obuka organa civilne zaštite u SR Srbiji za	
radijacionu kontrolu hrane u uslovima dugotraj-	
ne hronične kontaminacije teritorije	159
41. Brnović R., Radovanović R.:	
Stroncijum 90 u ljudskim kostima i radijacioni	
rizik za stanovništvo SR Srbije u uslovima	
dugotrajne kontaminacije	163

42. Milojević S., Marković P., Nikezić D.:	
Radiološka istraživanja sliva reke i jezera	
Gruža	165
43. Planinić J.:	
Mjerenje koncentracije redova u vodi	169
44. Patić D., Smiljanić R.:	
Pregled merenja ukupne beta radioaktivnosti	
aerosola u prizemnom sloju vazduha u IBK	
u periodu 1961-1984. godine	170
45. Grčić Z.:	
Računski program za procenu koncentracije	
polutanata ispuštenih u atmosferu iz	
kontinualnog tačkastog izvora	174
 2. sekcija: Radiotoksikologija	
1. Novak Lj., Panov D., Đorđević V.:	
Pušenje kao izvor kontaminacije ljudi olovom	
- 2lo i polonijumom - 2lo	178
2. Selak I., Marković Z., Kljajić R., Milošević Z.,	
Horšić E.:	
Patološko-anatomske promjene na respiratornom	
sistemu kod akutno ozračenih ovaca i koza	182
3. Momčilović B.:	
Kinetika retencije i distribucije ^{65}Zn , ^{59}Fe	
i ^{64}Cu u odnosu na dob	186

4. Emanović D., Kraljević P., Kos K., Gomerčić H., Šimpraga M.:
Kretanje koncentracije nekih minerala u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P 190
5. Kraljević P., Emanović D., Mitin V., Gomerčić H., Šimpraga M.:
Enzimski profil u krvnoj plazmi pilića nakon unutarnje kontaminacije radioaktivnim fosfom ^{32}P 193
6. Stojanović D., Milivojević K.:
Radijaciono hematološki aspekti i mogućnosti primene stimulatora hematopoeze 197
7. Milovanović A., Granov A., Čizmić S., Ćosić M.:
Zaštitni efekti fosforotioata u ozračenih životinja 201
8. Milošević Z., Kljajić R., Horšić E., Hasanbašić D., Vukotić Z.:
Zaštitno djelovanje cistafosa na tok akutnog radijacionog sindroma kod koza 205
9. Kargačin B., Kostial K.:
Efikasnost oralne kombinirane terapije kod interne kontaminacije sa više radionuklida 209
10. Gruden N.:
Utjecaj željeza I ili cinka na transduodenalni transport radiocinka 213

VIII

	stranica
11. Banović M., Jernej B., Deanović Ž.: Promjene tromboelastograma nakon akutnog ozračenja štakora i kunića	217
12. Petrović D., Osmak M., Ferle-Vidović A., Kadija K., Rendić D.: Celularni efekt brzih neutrona dviju različitih energija	221
13. Begović J., Živković R.: Zaštitno djelovanje "bioregulatora" na limfocite in vitro ozračene X - zracima	225
14. Korbelik M., Suhar A., Škrk J., Schauer P., Petrović D., Turk V.: Djelovanje proteinaza na in vitro reparaciju potencijalno letalnih oštećenja prouzročenih zračenjem	229
3. sekcija: Radijacijska medicina i biodozimetrija	
1. Jeremić M., Đorđević M., Panov D., Milačić S.: Učestanost leukocitopenija kod lica profesionalno izloženih dejstvu ionizujućih zračenja	233
2. Dodić S., Milačić S., Tasić Ž., Jeremić M.: Radijacioni mioperikarditis u radnika akidentalno ozračenog gama zračenjem	237
3. Pavlović M., Milačić S., Jeremić M.: Pecomene spirometrijskih vrednosti kod rudara koji su radili u jednom uranskom rudniku	243

	stranica
4. Savić M., Čremošnik-Pajić P.: Temperatura kože prstiju šaka radnika izloženih delovanju jonizirajućeg zračenja	248
5. Besarabić M., Radotić M.: Anksioznost u uslovima profesionalnog ozrači- vanja	252
6. Mihajlov A.: Neke karakteristike morbiditeta radnika naftne industrije Vojvodine koji rade sa izvorima jonizirajućih zračenja	256
7. Kljajić R., Horšić E., Milošević Z., Hasan- bašić D., Vukotić Z.: Komparacija kliničkih simptoma akutnog radija- cionog sindroma kod poluletalno ozraženih ovaca i koza	260
8. Vučenik I., Martinić P., Vitale B.: Agregabilnost trombocita pod utjecajem gama zraka	264
9. Deanović Ž.: Medicinski aspekti zaštite od zračenja pri usvajanju nuklearno-energetske tehnologije	268
10. Stojanov D., Dujmović M., Lovasiš I., Švalba B., Jonjić A., Jelušić L., Budiselić B., Rubinić M., Vukelić M., Matejčić M.: Ozračenost bolesnika tijekom radioloških pretraga u dijagnostici	277

11. Tomašević M., Radovanović R., Simonović J.,
Minevski Z.:
Procena opravdanosti sistematskog rendgen-
dijagnostičkog ispitivanja pluća stanovnika
Beograda 281
12. Tomašević M., Simonović J., Radovanović R.,
Minevski Z.:
Poređenje ozračenosti i zaštite pacijenata u
rendgen-dijagnostici i radionuklidskoj dijag-
nostici 285
13. Vidaković Z., Hebrang A., Ranogajec-Komor M.,
Korenika Đ., Dvornik I.:
Perspektive ozračenja bolesnika i profesio-
nalnog osoblja u suvremenim medicinskim
smjernicama 289
14. Ružička I.:
Procjena ozračenja i planiranje zaštite pri
korištenju rendgenskih aparata u vanrednim
prilikama 293
15. Tomašević M., Simonović J., Radovanović R.:
Radionuklidi u medicinskoj dijagnostici u
SR Srbiji i somatski redijacioni rizik 297
16. Strinić S., Mušanović M., Drljević A.,
Dresto B.:
Apsorbovana doza u mamografiji 301
17. Džambasević M., Radovanović R.:
Problem periodičnosti koeficijenta radija-
cionog rizika 305

18. Piasek G.:
Fenomen neodazivanja zdravstvenih radnika koji
rade s izvorima ionizirajućih zračenja na
redovite obvezatne preglede 309
19. Kubelka D., Horvat Đ., Garaj-Vrhovac V.,
Račić J.:
Odnos doze X zračenja i kromosomskih abera-
cija u in vitro ozračenoj ljudskoj krvi 312
20. Marković B., Joksić G., Dodić S., Jeremić M.,
Panov D.:
Perzistencija hromozomskih aberacija pri
akcidentalnom ozračenju sa ^{192}Ir 316
21. Joksić G., Marković B., Jeremić M., Tomašević M.,
Minevski Z.:
Hromozomske promene u profesionalnoj ekspo-
ziciji 320
22. Hargas G., Spaventi Š.:
Vrijednost SCE (sister chromatid exchange)
tehnike u otkrivanju oštećenja kromosoma
stanica izloženih ionizacijskom zračenju in vivo 324
23. Hasanbašić D., Milošević Z., Kljajić R.,
Horšić E., Vukotić Z., Šaćirbegović A.:
Rana dijagnostika akutne radijacione bolesti
koza 328
24. Gnijatović S., Stojanović D.:
Izlaganje okoline ionizujućem zračenju od
pacijenata kod primene tehnecijuma 99m
u nuklearnoj medicini 332

1. sekcija: R A D I O E K O L O G I J A

XIII Jugoslovenski Simpozijum zaštite od zračenja
Pula 10.-13. juni 1985.god.

P. Marković, Institut za fiziku, Prirodno-matematički
fakultet - Kragujevac, i Institut "Boris
Kidrič" - Vinča, Beograd

Koncepti kolektivne ekvivalentne doze i kolektivne
efektivne ekvivalentne doze i njihova primena u za-
štiti od zračenja.

UVOD

Izučavanje efekata zračenja na biološku sredinu za-
snovano je na povezivanju verovatnoće datog efekta sa fi-
zičkom veličinom koja karakteriše interakciju zračenja sa
tom sredinom. Osnovna fizička veličina za tu svrhu je ene-
rgija apsorbovana po jedinici mase ozračenog biološkog
objekta, koja se zove apsorbovana doza, D.

Za bolju indikaciju bioloških posledica izlaganja
jonizujućem zračenju pri nivoima apsorbovane doze koji se
realno sreću u zaštiti od zračenja ICRP je definisala
jednu ponderisanu veličinu, koja se zove ekvivalentna doza, H,
koja je proizvod apsorbovane doze i faktora kakvoće Q, koji
je karakteristika vrste zračenja kao i nekih drugih faktora
koji karakterišu uslove ozračivanja.

Važan dogadjaj na planu procene radijacionog rizika je
bio definisanje efektivne ekvivalentne doze, čije je defini-
sanje proisteklo iz potrebe da pri proceni radijacio-
nog rizika uzima u obzir kako uniformno tako i parcijalno
ozračivanje ljudskog tela.

Za procenu očekivane povrede od niskih doza za heterogeno
stanovništvo, ICRP i UNSCEAR, definišu i preporučuju korišće-
nje kolektivne ekvivalentne doze, koja, ustvari, predstavlja
proizvod srednje pojedinačne ekvivalentne doze i broja ozra-
čenih ljudi.

Kolektivna ekvivalentna doza omogućava procenu očekivane vrednosti povrede u datom ozračenom stanovištu. Za procenu svih budući očekivanih vrednosti povreda od date prakse, koja izaziva izlaganje zračenju, koristi se koncept kolektivna komitmentna ekvivalentna doza.

U ovom osvrту zadržaćemo se nešto detaljnije na konceptu kolektivne ekvivalentne doze i kolektivne efektivne ekvivalentne doze, sa ciljem njihovog boljeg poimanja kao i sagledavanja njihovog korišćenja u zaštiti od zračenja.

2. DEFINICIJE

2.1. Efektivna ekvivalentne doze

ICRP definiše efektivnu ekvivalentnu dozu kao

$$H = \sum_i W_i H_i$$

gde je $W_i = r_i/r$ težinski faktor koji predstavlja deo stohastičkog rizika, koji dolazi od ozračivanja i-oi organa ili tkiva u odnosu na ukidan rizik r - kada je celo telo ozračeno uniformno. Dakle,

$$r = \sum_i r_i \quad \sum_i W_i = 1.$$

H_i je srednja ekvivalentna doza u i-Om tkivu ili organu.

Jedan problem koji se javlja pri korišćenju koncepta efektivne ekvivalentne doze je da ICRP u svoju listu vrednosti za W_i - ne uključuje težinski faktor za kožu. Međutim ICRP daje vrednost za faktor rizika r_i - za kožu koji odgovara težinskom faktoru $W_i = 0,01$. Ako se koristi ovaj faktor onda sumacija doza po organima, uzimajući u obzir i kožu, strogo uzimajući, neće dati efektivnu ekvivalentnu dozu. U slučaju značajne kožne doze moguće je koristiti faktor za kožu i nazvati veličinu efektivna ekvivalentna doza (uključujući kožu).

2.2. Kolektivna ekvivalentna doza

Praksa koja uključuje izvore ionizujućih zračenja dovodi do raspodele jačine doza u ozračenom stanovništvu, za takve situacije korisno je imati (jednostavnu) veličinu za određivanje ukupne izloženosti zračenju grupe (manje ili veće) pojedinaca. Za tako nešto ICRP je definisala kolektivnu ekvivalentnu dozu, S , kao

$$S = \int HN(H) dH$$

gde je $N(H)$ - spektralna raspodela (spektar) stanovništva po ekvivalentnoj dozi od posmatranog izvora zračenja i sa glasno tome, $N(H) dH$ - predstavlja broj pojedinaca koji prime ekvivalentnu dozu u opsegu H i $H + dH$.

Integrali ovog tipa se obično nazivaju "ponderisani proizvodi", pri čemu je, dakle, kolektivna ekvivalentna doza od nekog izvora ponderisani proizvod izmedju ekvivalentne doze od tog izvora i broja pojedinaca u ozračenom stanovništvu.

Biološka osmišljenost dodavanja velikih kao i vrlo malih individualnih doprinosa kolektivnoj dozi je dovodjena u pitanje. Izraz za S - omogućava da se kolektivna ekvivalentna doza izrazi u posebnim porcijama, zavisno od iznosa individualnih doza. U praksi gornja granica integracije je obično određena granicom doze koja se primenjuje. Dakle, nestchastički efekti i znatna nelinearnost na krivoj doza odgovor ne smanjuju relevantnost ove veličine za većinu njenih primena.

Kolektivna ekvivalentna doza je jedna ekstenzivna veličina koja se može primeniti na jednu osobu, na jednu grupu stanovnika ili na svetsko stanovništo kao celinu.

Komplementarna definicija za S bi bila:

$$S = \sum_i N(\bar{H})_i$$

gde je sada $N(\bar{H})_i$ - broj pojedinaca u i -oj podgrupi stanovništva, koja prima srednju ekvivalentnu dozu \bar{H} .

U izvesnim slučajevima, ozračivanje stanovništva se vrši sa promenljivom jačinom za dati vremenski period, u takvim

slučajevima, zgodno je definisati kolektivnu jačinu ekvivalentne doze, \hat{S} , kao ponderisan proizvod jačine ekvivalentne doze i broja pojedinaca u stanovništvu.

$$\hat{S} = \int H(t) dN$$

Ukupna kolektivna jačina doze se dobija uključujući sve pojedince, unutar posmatranog stanovništva, koji primaju jačinu doze od datog izvora. Ova veličina je funkcija vremena.

2.3. Kolektivna efektivna ekvivalentna doza

Ekvivalentna doza koja ulazi u definiciju kolektivne ekvivalentne doze je definisana za odredjenu tačku. U praktičnim primenama prikladnije je korišćenje efektivne ekvivalentne doze, H_E . Odgovarajuće kolektivne veličine bi bile, kolektivna efektivna ekvivalentna doza, S_E definisana kao

$$S_E = \int H_E N(H_E) dH_E$$

i kolektivna jačina efektivne ekvivalentne doze,

$$\dot{S}_E = \int_0^\infty H_E N(H_E) dH_E$$

jedinica ekvivalentne, odnosno efektivne ekvivalentne doze je joul/kg, koja kada se radi o ekvivalentnoj dozi nosi naziv SIVERT, S_V (Sievert) po Švetskom naučniku Sivertu. Izvedena jedinica za kolektivnu efektivnu ekvivalentnu dozu je čovek joul/kg, odnosno čovek . S_V .

2.4. Kolektivna komitmentna efektivna ekvivalentna doza, S_E^C

Dati izvor zračenja ili aktivnost sa zračenjem daje kolektivnu jačinu efektivne doze, koja je funkcija vremena. Ukupna kolektivna efektivna ekvivalentna doza od date aktivnosti je integral ove veličine

$$S_E^C = \int_0^\infty S_E^C(t) dt.$$

i naziva se kolektivna komitmentna efektivna ekvivalentna doza.

Ova veličina predstavlja, ustvari, kolektivnu efektivnu ekvivalentnu dozu koja se može očekivati da će se dogoditi za sve buduće vreme od date aktivnosti.

3. KORIŠĆENJE KONCEPTA KOLEKTIVNE DOZE U ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Kolektivne veličine diskutovane do sada imaju dosta široku primenu u zaštiti od zračenja. U ovom izlaganju osvrnućemo se na neke od tih primena nešto detaljnije, dok ćemo druge, zbog ograničenosti prostora, samo pomenuti.

3.1. Korišćenje za određivanje zdravstvene štetnosti

ICPP je uvela koncept radijacione zdravstvene štetnosti, G , kao kvantitativnu meru očekivane povrede u posmatranoj grupi pojedinaca, kao rezultat datog izlaganja zračenju. Ako je verovatnoća dogadjaja i -og efekta p_i , a njegova oštRNA data jednim faktorom g_i , onda je, prema ICRP-u, štetnost, G , za izloženu populaciju od N -pojedinaca data izrazom:

$$G = N \sum_i p_i g_i$$

Ako postuliramo da je verovatnoća p_i odigravanja i-og efekta proporcionalna srednjoj ekvivalentnoj dozi H_i za relevantni organ sa faktorom proporcionalnosti r_i , onda izraz za štetnost dobija oblik

$$\begin{aligned} G &= N \sum_i r_i H_i \\ \text{Odnosno, } G &= \sum_i r_i S_i \end{aligned}$$

gde smo uzeli da $S_i = N H_i$ kolektivna doza u i-on organu ili tkivu odgovorne za i-ti efekat.

Kako je $r_i = w_i r_i$ i uzimajući u obzir da je po preporuci ICPP-a $g_i = 1$ za oštRE nasledne efekte i kancere koji dovode do smrti, i $g = 0$ za neletalne kancere, posle malo aritmetike dolazi se do izraza

$$G = r S_E$$

Dakle, imamo da je zdravstvena štetnost za grupu pojedinaca,

proporcionalna efektivnoj ekvivalentnoj dozi, sa faktorom Proporcionalnosti r čija brojna vrednost, prema ICPP, iznosi $r = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

3.2. Primena u optimizaciji zaštite

Prema ICRP-u dva koncepta: "Optimizacija zaštite od zračenja" i "Držanje svih doza onoliko niske koliko je to razumno moguće postići (ALARA)" su identični.

Najčešće korišćen metod optimizacije zaštite, ali ne i jedini, je metod cena korist analize. Optimizacija zaštite od zračenja, uopšte uezv, svodi se na izbor najpogodnije dostupne kombinacije cene zaštite od zračenja, X , i cene štetnosti, Y , minimizirajući sumu

$$U = X(\omega) + Y(\omega) = \text{minimum}$$

gde je W takozvani parametar zaštite koji reprezentuje nivo zaštite od zračenja. U - predstavlja krajni rezultat procedure optimizacije i obično se naziva funkcija cilja (objectiva function) ili funkcija optimizacije.

Procenę cene zaštite može se izvršiti koristeći konvencionalne tehnike koštanja, uzimajući specifičnosti zaštite od zračenja.

Procena cene štetnosti je komplikovanija. Cena štetnosti, Y , može da se podeli u dve komponente

$$Y = Y_H + Y_R$$

gde je Y_H cena zdravstvene štetnosti, a $Y_R = Y_1 + Y_2 + \dots$ cena raznih ostalih komponenti štetnosti.

ICRP uzima, sa dosta jakom podlogom za takav prilaz, da je cena objektivne zdravstvene štetnosti Y_H , proporcionalne kolektivnoj efektivnoj ekvivalentnoj dozi S_E , tj.

$$Y_H = \alpha S_E$$

Ostale štete uzete zajedno, uopšte uezv, zavise od individualne efektivne doze, $f(H_E)$ i to na nelinearan način, pa

se štetnost u ovom slučaju se može izraziti kao

$$Y_R = \beta \sum_k N_k f(H_k)$$

gde su: β - monetarna vrednost cene jedinice ove nelinearne štete; H_k - srednja efektivna ekvivalentna doza za N_k pojedinka iz k-te grupe. Iz do sada rečenog sledi da cena štetnosti može da se prikaže sledećim opštim izrazom

$$Y = \alpha S_E + \beta \sum_k N_k f_k(H_k)$$

Dakle, u proceni ukupne cene štetnosti kolektivna efektivna ekvivalentna doza igra odlučujuću ulogu. Ovo je još više istina u specijalnom slučaju kada su dodatne komponente štetnosti proporcionalne komponentama kolektivne doze u kom slučaju gornja jednačina poprima oblik:

$$Y = \alpha S_E + \beta_k S_{Ek}$$

gde je, sada β_k - monetarna vrednost cene jedinice kolektivne ekvivalentne doze date k-oj grupi.

4. DRUGE PRIMENE

Prostor nedozvoljava da, čak ni ukratko, razmotrimo neke druge primene koncepta kolektivne doze u zaštiti od zračenja. Zato ćemo ovde samo nabrojati neke od njih, a za detalje čitalac može da konsultuje navedenu literaturu. Izmedju ostalih to su:
 a) Procena srednjih doza; b) Procena najveće buduće doze po glavi stanovnika od kontinuirane aktivnosti; c) Procena kolektivnih izlaganja od više izvora; d) Procena opravdanosti date aktivnosti, itd.

5. ZAKLJUČAK

Koncepti kolektivne doze imaju veoma značajno mesto u sistemu ograničavanja izlaganja jonizujućem zračenju. Ustvari celovitost sistema, onako kako je data u ICRP - Preporukama 26, ne može u praksi da bude ostvarena bez korišćenja koncepta kolektivne ekvivalentne doze. Zbog toga je njeno poimanje i

pravilno primenjivanje od velikog značaja u zaštiti od joni-zujućih zračenja.

REFERENCE

1. International Commision on Radiologicol Protection:
ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford (1977)
2. UNSCEAR Report to the United Nationas General Assembly:
Sources and Biological Effects. United Nations New York
(1982)
3. Annals of the ICRP, ICRP Publication 37, Pergamon
Press, vol. 14 No4 (1984)
4. Annals of the ICRP, ICPP Publication 42, Pergamon
Press, vol. 14 No4 (1984)
5. Bo Lindell, Concepts of the Collective Dose in Radiologicol
Protection; Nuclear Energy Agency, OECD, Paris (1985)

ABSTRACT

In this short review concept of the colective dose equivalent is discussed. Special attention was paid to application of this concept in radiation protection.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRACENJA
PULA, 10 - 13 JUN 1985.

Zarić M.

Institut za nuklearne nauke " Boris Kidrič ", Vinča
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne
sredine

ISTRAŽIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆEG I NEJONIZUJUĆEG
ZRAČENJA U OKVIRU " PROGRAMA NAUČNOISTRAŽIVAČKE AKTIVNO-
STI NA ZAŠTITI I UNAPREDJIVANJU PRIRODE I ČOVEKOVE SRE-
DINE U S. R. SRBIJI "

Abstrakt. Dat je kratak prikaz rada obavljenog u okviru multidisciplinarnog projekta " Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja ", u toku 1983. i 1984. godine. Istraživanja su obuhvatila dozimetriju, biomedicinske probleme, radionuklide u životnoj sredini, rizik od radionuklida kod animalne proizvodnje, tehničko-tehnološku i biotehničku zaštitu, radioaktivne otpadne materije u životnoj sredini i opšta pitanja.

Osnovni podaci o projektu, koji je finansiran od strane RZNS i u čijoj realizaciji učestvuje devet institucija, dati su u rado-vima referisanim na prethodnim sastancima.^{1.)}

U okviru ispitivanih oblasti radjeno je na sledećem:

Rad u oblasti dozimetrije odnosio se naravoj metoda za procenu ozračenosti stanovništva od radionuklida U- niza i na razvoj metoda namenjenih etaloniranju doza zračenja koje se analiziraju pri proceni doza za šire stanovništvo. Izvršena je analiza ozračenosti stanovništva S.R. Srbije kod primene R_ø zračenja i nastavljen je rad na merenju apsorbovane doze od radionuklida prisutnih u celom telu.

Proučavani biomedicinski problemi odnose se na utvrđivanje post-iradijacionih promena na humanoj populaciji (lica profesionalno izložena zračenju) i na različitim eksperimentalnim sistemima. Prisustvo radionuklida u životnoj sredini rasmatrano je sa sta-

novišta radijacionog rizika za stanovništvo S. R. Srbije i posebno za proučavanje difuzionih karakteristika prizemnog sloja vazduha. Isto tako, proučavan je uticaj razvoja vremenske situacije širih razmara na radioaktivnost vazduha.

Izučavanje radijacionog rizika i sistema zaštite od ionizujućih zračenja u ciklusu animalne proizvodnje, odnosilo se na utvrđivanje relacija sadržaj radionuklida u raznovrsnim hranivima i akumuliranju tih radionuklida u mesu živine i jajima. Predloženi su indikatori za nivo radioaktivne kontaminacije živine, izračunati su parametri radijacione sigurnosti i postavljena je hipoteza o inhibirajućoj komponenti u industrijskom hranivu a preme nakupljanju ^{137}Cs u orgahizmu živine.

Tematika tehničko-tehnološke i biotehničke zaštite od zračenja odnosi se na eksperimentalno i teorijsko određivanje faktora slabljenja i poludebljina silaikatnog stakla za X- zračenje; na proučavanje faktora koji uslovjavaju kriterijume za izbor i utvrđivanje mera zaštote od zračenja pri tehnološkim postupcima i na izučavanje uticaja mikrotalasne defrostacije i termičkog tremana na dekontaminaciju duboko zamrznutog mesa.

Proučavanje radioaktivnih otpadnih materija u životnoj sredini, orijentisano je na probleme nastajanja radioaktivnih otpadaka u toku medicinske aplikacije i posle izvršene aplikacije, na njihovo izlučivanje i transport kao i na opasnosti od ozračivanja drugih osoba. Rasmatrani su postupci i mere rukovanja i zaštite od tako nastalog, specifičnog radioaktivnog otpada uključujući i probleme u vezi tela umrlih pacijenata, koji su prethodno bili tretirani radioaktivnim izotopima.

Opšta pitanja, problemi u vezi sa ONO, sa vanrednim situacijama, sa akcidentima i zaštitom, obuhvatila su probleme stanja i potreba aktiviranja savremenog sistema zaštite od zračenja u S.R. Srbiji

i probleme u vezi sa značajnošću izvora zračenja a u odnosu na klasifikaciju mera zaštite od zračenja, sa stanovišta specifičnosti tipa izvora.

U vezi vanrednih situacija, rasmatrani su postupci dekontaminacije svežeg mesa, životinja prethodno oralno kontaminiranih sa radioizotopima, postupcima salamurenja u različitim sonim rastvorima.

Uopšte uzev, način obrade materije u okviru projekta odgovarao je dатој fazi rada a kod većine tema, osim naučnih rezultata prisutna je i praktično primenljiva komponenta, koja kod nekih radova i preovladjuje.

Saradnja sa organima uprave, JNA, Privrednom komorom i drugim, svodi se na dostavljanje godišnjih planova i završnih izveštaja, znači jednosmerno.

U toku realizacije projekta prisutni su organizaciono-finansiji-ski problemi, koji svake godine prate početak rada na projektu (kasno ugovaranje) i koji utiču na slabljenje povezanosti radova koji nisu u najužoj vezi.

U toku dvogodišnjeg rada oformljen je 41 prilog.

Literatura:

1.) Zarić M.

Istraživanje zaštite od ionizujućeg i neionizujućeg zračenja u okviru "Programa naučnoistraživačke aktivnosti na zaštiti i unapredjivanju prirode i čovekove sredine u S.R. Srbiji "

XI i XII Jugoslovenski simpozijum
o zaštiti od zračenja.

Portorož, 1981. i Ohrid, 1983. god.

ABSTRACT

IONIZING AND NONIONIZING RADIATION PROTECTION INVESTIGATION IN THE SCOPE OF THE SCIENTIFIC- RESEARCH ACTIVITY PROGRAMME ON THE PROTECTION AND ADVANCEMENT OF THE ENVIRONMENT IN THE S. R. SERBIA

The brief review of the activity conducted through multidisciplinary project, for the two years period (1983 and 1984.) is given. Realized investigations included seven main fields defined by the working programme for the period mentioned. The investigated fields are environmental dosimetry, radiation biomedical problems, radionuclides in the environment, risk and protection in the course of animal production, technical and biotechnical protection problems, radwastes in the environment and general problems.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985.

Smiljanić R. i Patić D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zaštita"

PRIKAZ SARADNJE U OKVIRU SEV PROJEKTA "METEOROLOŠKI
ASPEKTI ZAGADJENJA VAZDUHA"

Abstrakt: U radu je dat prikaz programa koji se odvija u okviru naučno-tehničke saradnje sa zemljama članicama SEV po problemima koji se odnose na meteorološke aspekte radioaktivnog zagadjenja vazduha.

U program naučno-tehničke saradnje sa zemljama članicama SEV, po pitanju izučavanja radioaktivnog zadagjenja vazduha, uključeni smo krajem 1982. godine.

Saradnja se odvija u okviru projekta "Meteorološki aspekti zagadjenja vazduha" koji objedinjuje sledeće tematske celine:

- Modeliranje, analiza i normiranje zagadjenja vazduha od industrijskih zagadjenja i zagadjenja autotransporta,
- Izučavanje fizičko-hemijskih procesa zagadjenja vazduha,
- Razrada i usavršavanje metoda i uredjaja za određivanje zagadjenja atmosfere i
- Izučavanje radioaktivnosti atmosfere.

U projekat su uključene sledeće zemlje: Bugarska, Rumunija, Čehoslovačka, Poljska, Madjarska, DR Nemačka, SSSR i Mongolijska, ali u programu izučavanja radioaktivnosti atmosfere, u koji je uključen i naš Institut, ne učestvuju Rumunija, DR Nemačka i Madjarska. Stručni profil institucija koje učestvuju u realizaciji programa prekriva zaštitu čovekove sredine, meteorologiju, fiziku atmosfere i nuklearne nauke.

Karakter saradnje obezbedjuje direktnu razmenu informacija po naučno-stručnim problemima koji su od interesa za zemlje učesnice. Saradnjom nije predviđen zajednički rad na konkretnim zadacima.

Tema "Izučavanje radioaktivnosti atmosfere" obuhvata sledeće oblasti:

- Izučavanje promene fona radioaktivnosti atmosfere (Bugarska, Poljska, SSSR, Mongolija, Jugoslavija /IBK/),
- Usavršavanje metoda merenja radioaktivnosti atmosfere (Bugarska, SSSR),
- Izučavanje radioaktivnosti atmosfere i klimatskih faktora pod uticajem nuklearnih i termo elektrana (Bugarska, Čehoslovačka, Poljska).

Praktično sve zemlje učesnice prikazuju rezultate merenja sadržaja radioaktivnih materija u vazduhu, kako prirodnog tako i veštačkog porekla. Prati se ukupna beta radioaktivnost u dnevним uzorcima vazduha i analizira izotopski sastav mesečnih uzoraka vazduha i padavina (suvi i vlažni depozit). Rezultati merenja ukupne beta aktivnosti vazduha prikazani su za 24 punkta u SSSR, 8 punktova u Poljskoj, 5 punktova u Bugarskoj i 30 punktova u Mongoliji. Nažalost, rezultati ovih merenja nisu sasvim uporedljivi, jer se sa izuzetkom SSSR i Poljske merenju pristupa suviše rano u odnosu na vreme koje je potrebno za eliminisanje uticaja prirodne radioaktivnosti.

Kontrola tricijuma u atmosferskim padavinama obavlja se u SSSR (18 punktova) i Poljskoj (4 punkta).

Uticaj meteoroloških uslova na sadržaj radioaktivnih materija u vazduhu predmet su izučavanja u SSSR, Poljskoj i Bugarskoj. Na ovoj problematici angažovan je i naš Institut. Ciljevi izučavanja uticaja meteoroloških uslova na sadržaj radioaktivnih materija

u vazduhu su šireg opsega - od potrebe da se ovi uticaji objasne sa gledišta dinamike atmosfere (Bugarska, SSSR, IBK), do iznalaženja kvantitativnih pokazatelja zavisnosti sadržaja radioaktivnih materija u vazduhu od pojedinih meteoroloških parametara, kao što su: količina i intenzitet padavina, vlažnost, pritisak, brzina vetra, gradijent temperature (Bugarska, Poljska, SSSR, IBK). U okviru ove problematike odvijaju se istraživanja vezana za uticaj meteoroloških uslova na rasprostiranje radioaktivnih efluenata iz NE (Poljska, Čehoslovačka), kao i za meteorološke aspekte izbora lokacije za NE (SSSR).

Metodologija merenja i obrade rezultata merenja radioaktivne kontaminacije vazduha je takođe oblast razmene informacija i usaglašavanja u okviru ove saradnje. Rezultate o izotopskom sastavu uzoraka vazduha i padavina prikazali su SSSR i delimično Poljska. U SSSR je razradjena metodologija automatske analize spektra uzoraka aerosola poznatog i proizvoljnog izotopskog sastava, pomoću gama spektrometra sa poluprovodničkim detektorom. U Bugarskoj se usavršava metodologija za ekstrakciono odredjivanje radionuklida prisutnih u atmosferi.

U zemljama sa razvijenom nuklearnom tehnologijom istraživanja se usmeravaju na uticaj NP na promenu klime okoline. Vrlo opsežna istraživanja u ovom smeru obavljaju se u Čehoslovačkoj. Ispituje se toplotni uticaj rashladnih tornjeva NE na pojavu magle, slane, padavina, promene temperature i vlažnosti u okolini . Sa druge strane, u Poljskoj i Bugarskoj prate se promene sadržaja prirodnih radionuklida u atmosferi reona termoelektrane.

U sledećem periodu rad na ovom projektu se nastavlja, a glavni pravci istraživanja su prošireni i na probleme prekograničnog zagadjenja vazduha. Rad na projektu odvijaće se kroz sledeća tematska područja:

- Usavršavanje metoda modeliranja i analize zagadjenja vazduha,
- Izučavanje uloge fizičko-hemijskih procesa u zagadjenju vazduha,
- Razrada sistema za kontrolu zagadjenja vazduha i
- Izučavanje uloge antropogenih i prirodnih faktora u radioaktivnom zagadjenju vazduha.

U okviru poslednjeg tematskog područja predviđa se nastavak rada na izučavanju promena fona radioaktivnosti vazduha i usavršavanju metoda kontrole radioaktivnosti u vazduhu. U okviru ovoga veća pažnja biće posvećena genetski značajnim radionuklidima. Intenziviraće se rad na korišćenju rezultata merenja radioaktivnosti vazduha pri izučavanju meteoroloških procesa različitih razmara i očeni parametara prenosa mikroprimesa u sistemu atmosfera - tle. I dalje će se raditi na razvijanju metoda za proračun rasejanja radioaktivnih materija iz lokalnih izvora emisije, uključujući i akcidentalna ispuštanja, kao i na proučavanju mezoklimatskih efekata emisije toplote i vlage iz NE.

Treba naglasiti na kraju da je ovo samo pregled onoga što su po problemima radioaktivnog zagadjenja atmosfere zemlje učesnice prezentirale kroz ovaj projekat, a ne potpuni pregled programa njihovog rada na ovoj problematici.

Abstract: COOPERATION WITHIN THE SEV PROJECT "METEOROLOGICAL ASPECTS OF AIR POLLUTION" - A REVIEW, This paper presents the program of investigation of meteorological aspects of radioactive pollution of atmosphere within the scientific and technical cooperation among the SEV member states.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Lulić S.

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

IZVEDENI NIVOI KONCENTRACIJE RADIONUKLIDA U OKOLINI

SAŽETAK Dana je preporuka, za diskusiju i komentar, o godišnjim granicama unosa radionuklida za pojedinca iz kritične grupe stanovništva i odgovarajući nivoi koncentracije radionuklida u okolini. Predloženi nivoi su u suglasnosti s preporukama Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP) (1) i Medjunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) (2).

UVOD

Praksa radiološke zaštite u Jugoslaviji slijedi preporuke ICRP, Publikacija 2 iz 1959. godine (3). Preporuke ICRP Publikacije 30 koji uvodi pojam granične godišnjeg unosa, ALI (Annual Limit Intake) osnovane su na ranijoj preporuci ICRP Publikaciji 26 (4), koja preporučuje da nivoi opasnosti od zračenja ne smiju biti viši od drugih opasnosti kojima je čovjek izložen u svojem radu.

Ranije preporuke ICRP Publikacija 26 je da donja granica ekvivalentne doze za radnike koji rade s izvorima ionizirajućeg zračenja (u daljem tekstu radnik) iznosi 50 mSv (5 rem). U novoj ICRP Publikaciji preporučuju se i sekundarne granice ozračenja za unos radionuklida ingestijom i inhalacijom (ALI) kroz vremenski period od 12 mjeseci. Ove sekundarne granice olakšavaju praksu radiološke zaštite putem monitoring programa.

Za članove stanovništva, ICRP preporuka radiološke zaštite osniva se na konceptu kritične grupe, tj. grupe stanovništva koja će biti ozračena više od drugih članova stanovništva. ICRP preporuka za granicu ozračenja člana kritične grupe uzima 5 mSv (0,5 rem), odnosno 1/10 od granice prihvaćene za radnike, uz uvjet da su ozračenja u praksi mala, da ozračenje nije kontinuirano kroz dulji period i da ono uzrokuje malo ozračenje izvan kritične grupe. ICRP vjeruje da prihvatanje ovih granica osigurava srednju ekvivalentnu dozu manju od 1/100 od preporučene granice za radnike.

Za slučaj unosa radionuklida u organizam inhalacijom ICRP (1) izračunava za radnike izvedene koncentracije za svaki radionuklid u zraku, DAC (Derived Air Concentration).

Na osnovu ove izvedene koncentracije za zrak, DAC, mi smo dali preporuku izvedenih koncentracija za stanovništvo i to za zrak, $DAC_{stan.}$ i vodu $DWC_{stan.}$

IZVEDENE KONCENTRACIJE ZA ZRAK (DAC)

Iz ALI vrijednosti za svaki radionuklid dane preporukom ICRP Publication 30 (1) izvedena je koncentracija za zrak, DAC (Derived Air Concentration). DAC vrijednosti izračunate su na osnovu volumena zraka od 20 l/min koju udahne čovjek u uvjetima lagane aktivnosti, Reference Man (5), za 40 satni radni tjedan i 50 radnih tjedana u godini. Na osnovu ovih pretpostavki volumen zraka koji čovjek udahne u toku jedne godine iznosi $2,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, odnosno vrijednost DAC_{radnik} se izračuna iz ove relacije:

$$DAC_{radnik} (\text{Bq/m}^3) = \frac{\text{ALI (inhalacija)}_{radnik} (\text{Bq})}{2,4 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{)}}$$

Iz vrijednosti DAC_{radnik} možemo izračunati izvedenu koncentraciju za zrak za pojedinca iz stanovništa $DAC_{stan.}$, ako poznamo vrijednost udahnutog zraka za pojedinca iz grupe stanovništva u toku jedne godine. Ako uzmemmo da pojedinac u vremenu od 16 sati svoje budnosti udahne 20 l/min, a u preostalih 8 sati 7,5 l/min, on godišnje udahne $8,3 \times 10^3 \text{ m}^3$ zraka. Kombinirajući ove vrijednosti s 1/100 ALI vrijednosti prihvaćenih za radnike vrijednost $DAC_{stan.}$ iznosi:

$$DAC_{stan.} (\text{Bq/m}^3) = \frac{\text{ALI (inhalacija)}_{radnik} (\text{Bq})}{8,3 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{)}} = 0,003 \text{ ALI (inhalacija)}_{radnik}$$

IZVEDENE KONCENTRACIJE ZA VODU (DWC)

Izvedne koncentracije za vodu, DWC (Derived Water Concentration), mogu se izvesti na sličan način kao što su izvedene vrijednosti za zrak, DAC. Vrijednosti DWC ne mogu služiti kao standardi za pitku vodu stanovništva jer za pitku vodu moramo koristiti standarde Svjetske zdravstvene organizacije, WHO (6).

Da izvedemo vrijednosti DWC opet ćemo se poslužiti vrijednostima o konzumu vode (iz svih izvora, uključujući i hrani) dane u Reference Man (5), a koja iznosi 3 l/dan. Pretpostavimo da 1/3 navedene vrijednosti se uzima vodom, a ostatak putem hrane, znači da čovjek godišnje uzima $0,37 \text{ m}^3$. Izvedena koncentracija za vodu za pojedinca iz stanovništva, na osnovu gornjih pretpostavki iznosi:

19.

$$\text{DW}_{\text{C}} \text{ stan. } (\text{Bq/m}^3) = \frac{\text{ALI (ingestija)}_{\text{radnik}} (\text{Bq})}{\frac{100}{0,37 (\text{m}^3)}}$$

odnosno,

$$\text{DW}_{\text{C}} \text{ stan. } (\text{Bq/m}^3) = 0,03 \text{ ALI (ingestija)}_{\text{radnik}}.$$

ZAKLJUČAK

Na osnovu vrijednosti za ALI iz preporuke ICRP (1) preporučene su relacije za izračunavanje izvedenih koncentracija za stanovništvo i to za zrak, $\text{DAC}_{\text{stan.}}$ i vodu, $\text{DWC}_{\text{stan.}}$.

Dobivene izvedene vrijednosti za pojedine radionuklide (tekući isput iz nuklearne elektrane, i plinoviti isputi iz termoelektrane) danj su u TABLICI i usporedjene s jugoslavenskim zakonom (7).

Dane vrijednosti odnose se samo za odrasle u stanovništvu, za slučaj dojenčadi i djece u općoj populaciji treba uzeti smanjenu sekundarnu granicu danu za odrasle.

Na kraju si možemo postaviti pitanje: Da li ove preporuke daju sigurnost prema očekivanim genetskim efektima i da li bi radiološka zaštita stanovništva bila bolja preko populacijske doze.

SUMMARY

Recommendation is given, for purposes of discussions to be carried out and comments to be given, on yearly intake limits of radionuclides for individuals belonging to the critical group of population and on the corresponding concentration limit of radionuclides in the environment. The limits suggested are in accordance with the recommendations of the International Commission for Radiological Protection (ICRP) (1) and the International Agency for Atomic Energy (IAEA) (2).

LITERATURA

1. ICRP Publication 30, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, 1979.
2. IAEA Safety Series No. 9., Basic Safety Standards for Radiation Protection, 1981.
3. ICRP Publication 2, Recommendations of Internal Commission on Radiological Protection, 1959.
4. ICRP Publication 26, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1977.
5. ICRP Publication 23, Reference Man, 1975.
6. WHO, International Standards for Drinking Water, 1971.
7. Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovječeve okoline i o obavljanju dekontaminacije, Sl. list SFRJ 32/79, 1979.

TABLICA Izvedene koncentracije radionuklida za radnike i stanovništvo (Bq/m³)

Radionuklid	zrak				voda		
	ICRP 2	ICRP 30	YU P-6	DAC	ICRP 2	YU P-6	DWC
³ H	7x10 ⁻⁴	8x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁶	2x10 ⁻³	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁷	9x10 ⁻⁷
⁷ Be	1x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁵	4x10 ⁻²	9x10 ⁻²	7x10 ⁻⁸	2x10 ⁻⁷	6x10 ⁻⁷
⁵¹ Cr	1x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁵	7x10 ⁻²	9x10 ⁻²	7x10 ⁻⁸	2x10 ⁻⁷	3x10 ⁻⁷
⁵⁴ Mn	4x10 ⁻³	1x10 ⁻⁴	2x10 ⁻¹	3x10 ⁻¹	4x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁶
⁵⁵ Fe	1x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	3x10 ⁻²	2x10 ⁻²	3x10 ⁻⁸	7x10 ⁻⁶	9x10 ⁻⁶
⁵⁹ Fe	2x10 ⁻³	8x10 ⁻³	2x10 ⁻¹	2x10 ⁻¹	2x10 ⁻⁷	7x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁴
⁵⁷ Co	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	7x10 ⁻¹	1x10 ⁻²	2x10 ⁻⁸	4x10 ⁻⁶	9x10 ⁻⁶
⁵⁸ Co	1x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁴	2x10 ⁻¹	6x10 ⁻¹	4x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁶
⁶⁰ Co	4x10 ⁻³	3x10 ⁻³	3x10 ⁰	9x10 ⁰	2x10 ⁻⁷	4x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁵
⁶⁵ Zn	1x10 ⁻³	4x10 ⁻³	7x10 ⁰	1x10 ⁻¹	4x10 ⁻⁷	4x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁵
⁸⁹ Sr	4x10 ⁻²	2x10 ⁻³	1x10 ⁻¹	6x10 ⁰	4x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁵
⁹⁰ Sr	4x10 ⁰	6x10 ⁻¹	4x10 ⁻¹	2x10 ⁻¹	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³	3x10 ⁻⁴
⁹⁵ Zr	1x10 ⁻³	4x10 ⁻³	1x10 ⁻¹	1x10 ⁻¹	2x10 ⁻⁷	7x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁶
⁹⁵ Nb	7x10 ⁻³	2x10 ⁻⁴	4x10 ⁻¹	6x10 ⁻¹	4x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁶
¹⁰³ Ru	7x10 ⁻³	2x10 ⁻⁴	3x10 ⁻¹	6x10 ⁻¹	3x10 ⁻⁷	7x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁶
¹⁰⁶ Ru	1x10 ⁻³	1x10 ⁻³	2x10 ⁰	3x10 ⁰	4x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁵
^{110m} Ag	3x10 ⁻³	2x10 ⁻³	4x10 ⁰	6x10 ⁰	1x10 ⁻⁷	3x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁵
¹²⁵ Sb	7x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	1x10 ⁻¹	1x10 ⁻²	4x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁶
¹²⁹ I	2x10 ⁻¹	1x10 ⁻²	7x10 ⁻¹	3x10 ⁻¹	1x10 ⁻⁵	4x10 ⁻³	6x10 ⁻³
¹³¹ I	1x10 ⁻²	7x10 ⁻²	3x10 ⁰	2x10 ⁰	3x10 ⁻⁶	7x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁵
¹³³ I	4x10 ⁻²	4x10 ⁻³	1x10 ⁻¹	1x10 ⁻¹	3x10 ⁻⁸	7x10 ⁻⁶	9x10 ⁻⁴
¹³⁴ Cs	4x10 ⁻²	2x10 ⁻³	1x10 ⁰	6x10 ⁰	3x10 ⁻⁶	4x10 ⁻⁴	9x10 ⁻⁴
¹³⁷ Cs	7x10 ⁻²	2x10 ⁻³	1x10 ⁰	6x10 ⁰	7x10 ⁻⁶	7x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁵
¹⁴¹ Ce	7x10 ⁻³	1x10 ⁻⁴	7x10 ⁻¹	3x10 ⁻¹	3x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁶
¹⁴⁴ Ce	1x10 ⁻²	4x10 ⁻²	2x10 ⁰	1x10 ⁰	4x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁵
²²⁶ Ra	4x10 ⁻¹	1x10 ⁻¹	1x10 ⁻²	3x10 ⁻²	4x10 ⁻³	2x10 ⁻²	2x10 ⁻³
²³⁰ Th	3x10 ⁻²	1x10 ⁻¹	7x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁵	3x10 ⁻³
²³¹ Pa	1x10 ⁻²	2x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁵	3x10 ⁻³	1x10 ⁻⁴	2x10 ⁻²
²³⁹ Pu	2x10 ⁻²	8x10 ⁻²	7x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁶	4x10 ⁻³	6x10 ⁻³

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠТИTI OD ZRAČENJA
PULA, 10-13. jun 1985.

Kljajić R.

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA, SARAJEVO

PRIMJENA METODE "IN SITU" MJERENJA GAMAFONA
POLUPROVODNIČKIM DETEKTOROM

R E Z I M E

U radu je opisana metoda "in situ" mjerjenja gamafona sa horizontalno postavljenim poluprovodničkim germanijum detektorom (GPGe).

Dati su podaci o načinu kalibracije detektora te izračunavanja količine radionuklida u tlu i ekspozicione doze nakon "in situ" mjerena.

U V O D

Početkom sedamdesetih godina, u Environmental Measurements Laboratory i Lawrence Livermore Laboratory u USA (1-3), razvijena je metoda za "in situ" spektrometriju gama zračenja u životnoj sredini. Za ova mjerjenja obično se upotrebljavaju Ge(Li) detektori čiji je kristal okrenut vertikalno prema dole u odnosu na krioskopsku posudu.

Prema našim saznanjima ova metoda u našoj zemlji prvi put je razvijena i primjenjena za čisti germanijev detektor (horizontalno postavljen u odnosu na krioskopsku posudu) u Zavodu za radiologiju Veterinarskog fakulteta u Sarajevu, početkom osamdesetih godina (4,5).

Materijal i metode rada

Za mjerjenja na terenu korišten je čisti germanijev detektor koji je horizontalno položen u odnosu na krioskopsku posudu, proizvodnje firme EGG Ortec, efikasnosti 13% u odnosu na standardni kristal NaJ 3"x3", rezolucije 1,8 KeV na polovini visine pika od 1,332 MeV (^{60}Co).

Kalibracija detektora

Kalibracija je vršena postavljanjem referentnih izvora na osu detektora koja je uzeta kao referentna za mjerjenje upadnog ugla zračenja (θ -theta=0°). Mjerena su vršena pod različitim uglovima θ u razmacima od po

15° (od $0 - 180^{\circ}$) u dvije geometrijske ravni (horizontalna i vertikalna). Da bi se izračunala količina radionuklida u tlu i odredila ekspoziciona doza mjerjenjem gamaspektra "in situ" potrebno je odrediti brzinu brojanja u piku posmatranog radionuklida po jediničnoj radioaktivnosti u 1 km^2 tla Nf/S , što se može prikazati kao: $Nf/S = N_0/\theta \times Nf/No \times \theta/S$ (1) jedinica za ovu veličinu je ($\text{imp s}^{-1} \text{Bq}^{-1} \text{km}^2$).

N_0/θ predstavlja brzinu brojanja u piku po jediničnom fluksu gama zraka (apsolutna efikasnost) koji upada u detektor paralelno sa njegovom osom. Dobijena je postavljanjem referentnih izvora zračenja različitih energija na 1 m udaljenosti od detektora i mjerjenjem uz pretpostavku da je fluks na toj udaljenosti od tačkastog izvora paralelan i jednolik (homogen) u svim pravcima prostiranja od izvora što je realna pretpostavka. Relativna efikasnost u odnosu na ugao θ pod kojim upada zračenje na detektor označena je kao funkcija $R(\theta)$, a dobijena je mjerjenjem standardnih izvora koji su pomicani za 15° u odnosu na osu detektora u horizontalnoj i vertikalnoj ravni, s tim da je udaljenost izvor - sredina detektora u vijek bila 1 m . Djeljenjem dobijenih vrijednosti brzina brojanja u piku pod uglovima $15 - 180^{\circ}$ i brzine brojanja u piku u osi detektora ($\theta=0^{\circ}$) dobijena je relativna efikasnost $R(\theta)$ izražena u procentima.

θ/S u formuli (1) je neraspršeni fluks gama zraka na detektoru koji bi se dobio iz tla jedinične radioaktivnosti, a može se teoretski odrediti pretpostavljajući eksponencijalnu, jednoličnu ili planarnu raspodjelu radionuklida po dubini u tlu. Vrijednosti za θ/S za ove raspodjele su izračunate i prezentirane od H.L.Beck-a i sar. (HASL-258/72), a jedinica za ovu veličinu je: foton $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Bq}^{-1} \text{km}^2$. Nf/No iz formule (1) predstavlja korekcioni faktor brzine brojanja u piku, jer su upadne gama zrake kod mjerjenja na terenu raspršene po svim uglovima od $0-180^{\circ}$, a r'ut je formulom:

$$Nf/No = 1/\theta \int_0^{180} R(\theta) d\theta/d\theta \times d\theta \quad (2)$$

Koristeći se vrijednostima za $R(\theta)$ i izračunatim ugaonim fluksom $d\theta/d\theta$ za pojedine uglove $0 - 180^{\circ}$ može se vrijednost faktora Nf/No dobiti za sve oblike raspodjele radionuklida u tlu.

Da bi se odredila aktivnost ^{137}Cs , koja eksponencijalno opada sa dubinom tla, potrebno je odrediti relaksacionu dužinu λ i gustinu tla ρ . Ova vrijednost je odredjena tako što je izmjerena količina ^{137}Cs u uzorcima tla koji su uzimani na mjestima iznad kojih je bio postavljen detektor za vrijeme mjerjenja na terenu, i to sa dvije dubine $0-2$ i $2-5 \text{ cm}$. λ se izračunava iz formule:

$$\alpha = \frac{A_1 - A_2}{3,5 A_1 - A_2} \quad (3)$$

Specifična težina je oredjivana vaganjem svježih uzoraka tla i izračunat odnos α/ρ u Bq km^{-2} .

Specifična aktivnost nizova ^{238}U i ^{232}Th izračunava se kao srednja vrijednost iz nekoliko vrhova potomaka koji se najlakše mogu izdvojiti iz kompleksnog spektra prirodnog zračenja, a jedinica za specifičnu aktivnost ovih izotopa je Bq kg^{-1} .

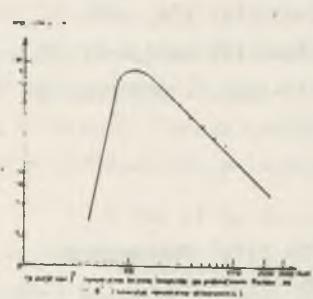
Za izračunavanje ekspozicione doze koju daju pojedini radionuklidi potrebno je odrediti brzinu brojanja u piku radionuklida po jediničnoj dozi što se može prikazati kao:

$$Nf/I = Nf/\emptyset \times Nf/N_0 \times \emptyset/I \quad (4)$$

\emptyset/I predstavlja neraspšteni gama fluks na detektoru dobijen od jedinične ekspozicione doze, kod koje je uzet u obzir raspšteni fluks gama zraka. Vrijednosti ovog faktora dali su H.L. Beck i sar. (HASL-258/72). Ostale vrijednosti faktora u formuli (4) i ekspoziciona doza se računaju analogno računanju količine radionuklida u tlu kako je to ranije opisano, a doza se izražava u $\text{nC kg}^{-1} \text{s}^{-1}$.

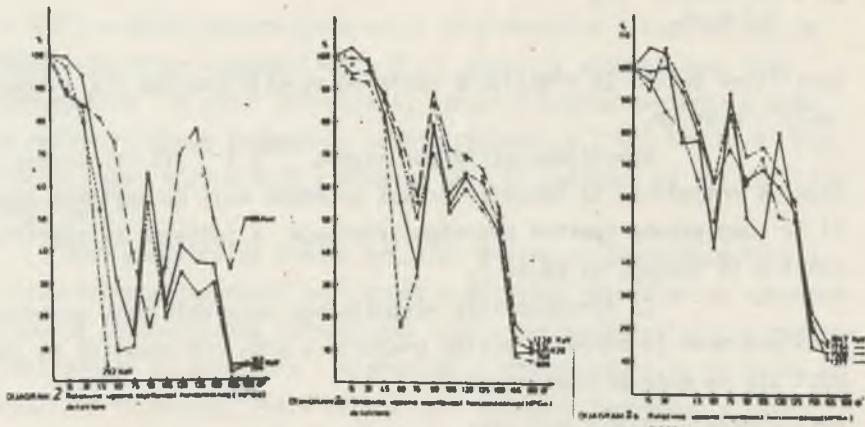
Rezultati i diskusija

Rezultati kalibracije i određivanja apsolutne efikasnosti horizontalno postavljenog HPGe detektora dati su u dijagramu 1.



Iz dijagrama se vidi tipična krivulja efikasnosti za detektore gama zračenja sa blagim maksimumom u području energija 100-500 keV. Pad efikasnosti na nižim energijama nastaje zbog jače apsorpcije mekog zračenja u aluminijumskom oklopu detektora i zraku, dok je pad efikasnosti na višim energijama uslovjen smanjenom vjerovatnošću da gama zraka bude potpuno apsorbovan u materijalu detektora kod viših energija zračenja.

Dobijene vrijednosti za relativnu efikasnost detektora date su na dijagramu 2. Nepravilni oblici krivulja uzrokovani su asimetričnom gradnjom detektora položaja krioskopske posude, te zbog izbora (horizontalne) ose detektora za ugao $\theta = 0^\circ$.



ZAKLJUČAK

Horizontalni HPGe detektor može se uspješno upotrijebiti za "in situ" mjerena gammofona. Ovim načinom mjerena bitno se skraćuje vrijeme potrebno za dobijanje podataka o stanju radioaktivnosti nekog područja, a omogućeno je i utvrđivanje ekspozicionih doza gama zračenja te razlikovanje vještačkih radionuklida od onih koji se prirodno javljaju u tlu.

LITERATURA

1. H.L. Beck, J.A. DeCampo, C.V. Gogolak: HASL-258, 1972,
2. L.R. Anspaugh, et al: The Natural Radiation Environment II, CONF-720805-P1, NTS, Springfield, 279, 1972.
3. E.Sakai, H. Terada, M.Katagiri: IEEE Trans., NS-23 (1), 726, 1976.
4. R.Kljajić: Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1984.
5. R.Kljajić: I Savjetovanje "Izlaganje prirodnom zračenju i procjena odgovarajućeg rizika", Kragujevac, 1984.

Summary

APPLICATION OF THE METHOD OF "IN SITU" MEASUREMENT OF GAMMAPHONE BY SEMICONDUCTIVE DETECTOR

The paper reports on the method of "in situ" measurements of gammaphone by horizontally located semi-conductive Germanium detector of highstrength (HPGe).

The data are given on the way of detector calibration, calculation of the amount of radionuclids in soil and exposition doses of gamma radiation following "in situ" measurements.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
PULA, 10-13. lipnja 1985.

Saračević L. Milošević Z. Horšić E. Mihalj A. Kljajić R.
Veterinarski fakultet Sarajevo, Zavod za radiologiju

KOMPARACIJA GRAVIMETRIJSKE I GAMASPEKTROMETRIJSKE
METODE ODREĐIVANJA K-40 U ANIMALNIM PROIZVODIMA

Sažetak

Ovim radom su poređeni rezultati određivanja sadržaja kalija u nekim animalnim proizvodima dobijeni primjenom dviju metoda određivanja: gravimetrijske-taložne metode i gamaspektrometrijske analize bez pret-hodnog hemijskog razdvajanja. Dobijeni rezultati pokazuju da kod ispitivanih uzoraka ne postoje signifikantne razlike, pri primjeni ovih dviju različitih metoda određivanja.

U V O D

Čovjek i njegova okolina su od svog postanka izloženi prirodnoj radioaktivnosti. Ova radioaktivnost u prirodnim uslovima ne dovodi do poremećaja dinamičke ravnoteže ekoloških sistema. Nivo aktivnosti prirodnih radionuklida (fon) u svim eko-sistemima je osnov pri izučavanju svakog daljeg povišenja nivoa aktivnosti proizvedenih radionuklida. Potreba permanentnih mjerena kako prirodnih tako i fisionih radionuklida nameće i potrebu za pouzdanim, efikasnim i brzim metodama kvalitativnog i kvantitativnog određivanja različitih radionuklida prisutnih u različitim uzorcima životne sredine (3).

U tom cilju su ovim radom posmatrane i poređene dvije sasvim različite metode određivanja kalija, jedne koja se zasniva na mjerenu težine ukupnog kalijuma i druge koja na osnovu nivoa aktivnosti K-40 omogućava izračunavanje ukupnog kalijuma u uzorku, a na temelju činjenice da aktivnost K-40 po 1 gramu ukupnog kalija iznosi 31,7 Bq (2).

Materijal i metode

Za analize su uzeti uzorci govednjeg mesa, mlijeka i sira u količinama od: 5-6 kg mesa, 30 l mlijeka i 4-5 kg mladog kravljeg sira. Svi uzorci su na uobičajeni način spaljeni do bijelog pepela na temperaturi od 450°C.

Odredjivanje kalija vršeno je u prvom slučaju gravimetrijski, taloženjem sa natrijum tetrafenil boratom (1), a u drugom slučaju gama-spektrometrijskom analizom. Korišten je GeLi detektor 2"x5" i 1024 kanalni analizator. Za izračunavanje vrijednosti K-40 korištena je energija 1,467 MeV uz upotrebu modificiranih jednačina Hagee G.R., Karches G.J. i Goldina A.S. te frakcionih koeficijenata i korekcije na debljinu uzorka.

Prva metoda ne zahtijeva skupu opremu, vrlo je jednostavna i pogodna za serijska odredjivanja. Druga metoda je komplikovana, zahtijeva skupu opremu, ali daje podatke ne samo o jednom radionuklidu, nego o svim prisutnim gama emiterima u uzorku.

Rezultati dobiveni primjenom ovih dviju metoda su komparirani i statistički obradjeni.

Rezultati i diskusija

U tabelama 1,2,3, dati su sadržaji ukupnog kalijuma i nivoi aktivnosti K-40 za po 10 uzoraka govednjeg mesa, mlijeka i sira dobiveni primjenom dviju različitih metoda odredjivanja.

Tabela. Sadržaj kalija i nivo aktivnosti K-40
u uzorcima govednjeg mesa

Uzorak	Gravimetrijska metoda gK/kg sv.u.	BqK-40/kg s.u	Gamaspektrometrijska metoda gK/kg s.u	BqK-40/kg s. u
1.	2,11	66,89	1,46	46,28
2.	2,45	77,67	1,38	31,70
3.	1,35	42,80	1,54	48,82
4.	2,04	64,67	1,76	55,79
5.	2,28	72,28	2,32	73,54
6.	1,59	50,40	1,28	40,58
7.	2,30	72,91	1,88	59,60
8.	1,70	53,89	2,10	66,57
9.	2,11	66,89	1,83	58,01
10.	1,65	52,31	1,40	44,38

Statistički parametri

\bar{x}	1,96	62,07	1,70	52,53
S	0,36	11,49	0,47	12,73
S_x	0,11	3,63	0,15	3,80

Tabela 2.

Sadržaj kalija i nivoi aktivnosti K-40
u uzorcima mlijeka

Uzorak	Gravimetrijska metoda		Gamaspektrometrijska metoda	
	gK/1 s.u.	BqK-40/1 s.u.	gK/1 s.u.	Bq K-40/1 s.u.
1.	0,77	24,41	1,23	38,99
2.	1,54	48,82	1,46	48,28
3.	1,74	55,16	1,28	40,58
4.	0,90	28,53	0,74	23,46
5.	1,45	45,97	1,14	36,14
6.	1,48	46,92	1,12	35,50
7.	1,50	47,55	1,50	47,55
8.	1,30	41,21	1,18	37,41
9.	1,25	39,63	1,00	31,70
10.	1,60	50,72	0,80	25,36

Statistički parametri

\bar{x}	1,35	42,89	1,15	36,30
s	0,31	9,75	0,25	7,88
s_x	0,10	3,08	0,08	2,49

Tabela 3.

Sadržaj kalija i nivoi aktivnosti K-40 u
uzorcima sira

Uzorak	Gravimetrijska metoda		Gamaspektrometrijska metoda	
	gK/kg s.u.	BqK-40 s.u.	gK/kg s.u.	BqK-40/kg s.r.
1.	0,69	21,87	0,60	19,02
2.	2,22	70,37	1,65	52,31
3.	0,87	27,58	0,84	26,63
4.	0,93	29,48	0,59	18,70
5.	1,22	38,67	0,83	26,31
6.	1,53	48,50	1,29	40,89
7.	1,11	35,19	1,00	31,70
8.	0,88	27,90	0,75	23,78
9.	0,95	30,12	0,89	28,21
10.	1,25	39,63	1,50	47,55

Statistički parametri

\bar{x}	1,16	36,93	0,99	31,51
S	0,44	14,00	0,37	11,64
s_x	0,14	4,43	0,12	3,68

Nakon stastičke obrade i testiranja opravdanosti razlika između aritmetičkih sredina utvrđeno je da ne postoje signifikantne razlike u dobivenim rezultatima. Gravimetrijska metoda daje nešto veće vrijednosti koje se mogu objasniti sutaloženjem i nekih drugih u prvom redu alkalnih elemenata prisutnih u uzorcima, ali te razlike stastički nisu značajne.

Zaključci

Ne postoje značajne razlike u rezultatima određivanja sadržaja kalija u uzorcima govednjeg mesa, mlijeka i sira, pri primjeni gravimetrijsko-taložne metode i gamaspektrometrijske analize.

Gamaspektrometrijska analiza daje nešto niže vrijednosti

Literatura

1. Milošević Z., Horšić Emilia, Bauman Alica: Veterinarija 1-2 (1976) 291.
2. Eisbund M.: Environmental Radioactivity. 2nd edit: Academic Pres, New York, 1973.
3. Horšić E., Magistarski rad, Sarajevo 1976.

Summary

COMPARISON OF GRAVIMETRIC AND GAMMASPECTROMETRIC METHODS OF DETERMINATION OF K-40 IN ANIMAL PRODUCTS

In this paper are compared results of determination of kalium content in certain animal products obtained by application of two different methods of determination: gravimetric-precipitating method and gammaspectrometric analysis without preliminary chemical separation.

The obtained results indicate that there are no significant differences in the application of these two different methods of determination.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. junij 1985

Pucelj B., Korun M., Martinčič R., Miklavžič U.

Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

GAMA-SPEKTROMETRIJSKO SLEDENJE USADOV S POMOČJO
VAZELINSKIH PLOŠČ

Izvleček Z gama-spektrometrskim določanjem izotopske sestave usada ulovljenega na površini vazelinskih lovilnih plošč je bila preizkušena metoda namenjena akcidentnim meritvam v okolini nuklearnega objekta. Detekcija kozmogenega Be-7, katerega aktivnost v usadu in padavinah je bila določena za obdobje več mesecev, je potrdila primernost in praktičnost metode.

Uvod

Za odkrivanje in sledenje usadov, povzročenih z akcidentnimi dogodki v jedrskih objektih, so za neposredno vzorčevanje na terenu zelo primerne horizontalne lovilne plošče premazane z vazelinskим slojem. Plošče naj bi ob rednem obnavljanju vazeline zagotavljale 80 % lovljenje suhega usada in približno 30 % lovljenje delcev iz dežja ob nekaj procentni reproducibilnosti (1).

Da bi preverili učinkovitost sistema vazelinskih plošč postavljenih v okolini NEK, so bile z visokoločljivostno spektrometrijo gama analizirani mesečni posnetki vazeline na 7 lokacijah skozi večmesečno obdobje. V vseh vzorcih je bilo mogoče zasledovati koncentracijo kozmogenega Be-7, ki ni kazal močne koreliranosti s količino padavin. Primerjava z vrednostmi tega radionuklida ugotovljenega v padavinah na istih lokacijah, je učinkovitost takega vzorčevanja aerosolov še dodatno potrdila.

Metoda

Lovilne plošče narejene iz plexi-stekla s površino $0,3 \text{ m}^2$ so bile premazane s približno 10 g/cm^2 debelo plastjo lekarniške va-

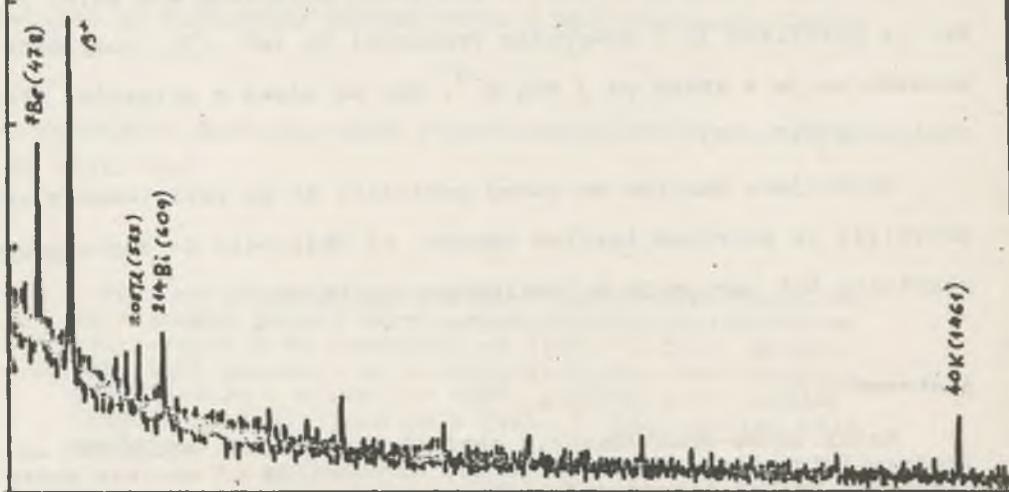
zeline in razpostavljene na 7 krajih v okolici NEK na lokacijah, kjer so jodove črpalke. Plošče so bile pritrjene v vodoravni legi 1,7 m nad tlemi na posebnih Al stojalih. Ob mesečnih zamenjavah plošč se je v laboratoriju s plastičnim strgalnikom odstranila s površine vazelina, ki se je nato v plastični posodici s premerom 50 mm segrela do tališča ($\sim 110^{\circ}\text{C}$) tako, da je vazelina skupaj z usedlino zalila dno plastične posode. Tako dobljeni vzorci znane geometrije so bili nato neposredno merjeni na visokoločljivostnem spektrometru gama.

Rezultati in diskusija

V času opazovanja, ki je potekalo tudi v mesecih s temperaturami pod ničlo (izvzeti so bili meseci s snegom) smo v vzorcih opazili le prisotnost izotopa Be-7, ki se zaradi kozmičnega sevanja stalno tvori v atmosferi. V vzorcih nismo zasledili nobenega drugega naravnega izotopa (z izjemo občasnega napraševanja s K-40), ki bi ga lahko pripisali bodisi emisiji NEK, bodisi jedrskih atmosferskih eksplozijam. To dejstvo spričo nizkih aktivnosti usadov ni prese netilo.

Na diagramu sl. 1 je prikazan tipičen spekter vazelinskega vzorca, v tabeli 1 pa rezultati analiz po mesecih za posamezne lokacije. Povprečna vrednost aktivnosti enomeščnega usada za vse lokacije je $22 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mesec}^{-1}$. Ekvivalentna vrednost Be-7 v padavinah v $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mesec}^{-1}$, ki bi v načelu morale vsebovati tako suhi kot mokri usad je približno enaka. Podrobnejša primerjava tega na videz paradoksnega rezultata pokaže, da ni korelacije med količino padavin in prestreženim usadom na vazelinskih ploščah in da koncentracije Be-7 na vazelinskih ploščah pogosto presegajo tiste, ki jih pokažejo lovilci padavin. Dasiravno bi bilo v načelu mogoče špekulariti z domnevo, da imajo vazelinske plošče višji izkoristek za

VAZELINSKA PLOŠČA 5/1, LOK. 5, 19-JAN-84 OF- 512
 LF= 444-903 RE= 1520/006 LT= 53148724 RT= 53149101



S1.1 Tipičen spekter vazelinskega vzorca po 1 mesecu izpostavljenosti plošče s površino $0,3 \text{ m}^2$.

Tabela 1

Aktivnost Be-7 v usadu ulovljenem na vazelinskih ploščah
 V letu 1985

Mesec	Padavine	Stari grad	Starja vas	Leskovec	Brege	Vihre	Gornji Lenart	Sadovnjak NEX	Povprečje
3	65,3	$17,3 \pm 1,3$	$19,5 \pm 1,3$	$18,4 \pm 1,4$	$13,7 \pm 1,3$	$14,2 \pm 1,2$	$13,4 \pm 1,2$	$10,0 \pm 1,1$	15
4	52,5	$15,3 \pm 1,0$	$17,0 \pm 0,9$	$9,0 \pm 1,2$	$12,3 \pm 2,3$	$23,6 \pm 1,2$	$11,2 \pm 2,4$	-	147
5	98,3	$61,2 \pm 1,0$	$38,0 \pm 2,0$	$36,5 \pm 1,8$	-	$20,8 \pm 0,9$	$39,0 \pm 2,3$	$1,8 \pm 0,9$	31
6	92,5	$64,8 \pm 1,9$	$114 \pm 2,3$	$29,2 \pm 1,2$	$121 \pm 1,5$	$33,3 \pm 1,0$	$12,4 \pm 0,7$	40 ± 1	59
7	119,7	$5,4 \pm 0,8$	$7,8 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,4$	$10,1 \pm 1,0$	$17,7 \pm 0,05$	$9,3 \pm 0,9$	$5,9 \pm 0,8$	9,3
8	56,7	$8,2 \pm 0,5$	$5,66 \pm 0,05$	$2,6 \pm 0,8$	$8,0 \pm 1$	$13,6 \pm 0,7$	$7,6 \pm 0,06$	$7,2 \pm 0,4$	7,6
9	190	$21,8 \pm 0,6$	$16,7 \pm 0,5$	$9,6 \pm 0,8$	$5,2 \pm 0,4$	$15,4 \pm 1,0$	$6,9 \pm 0,75$	$13,4 \pm 0,66$	12,7
10	109	$10,1 \pm 0,6$	$14,9 \pm 0,7$	$6,6 \pm 0,6$	$11,5 \pm 1,1$	$15,6 \pm 0,8$	$6,1 \pm 0,8$	$24,2 \pm 1,0$	12,7
Povprečje		26	29	22	26	22	13	14,6	

aerosole kozmogenega Be-7, pa je verjetnejša domneva, da se pri lovilcih precipitacij Be-7 veže na stene posode in se zaradi tega zgubi. V prid slednjega govoril dejstvo, da so izmerjene volumske koncentracije aktivnosti Be-7 v padavinah približno 240 Bq.m^{-3} , kar je približno 30 % povprečne vrednosti iz ref. (2), povprečne koncentracije v zraku pa 3 mBq.m^{-3} , kar se ujema s povprečno vrednostjo iz ref. (2).

Opravljene analize so torej pokazale, da so vazelinske plošče zanesljiv in priročen lovilec usadov, ki daje celo konsistentnejše rezultate kot lovljenje v lovilce precipitacij.

Abstract

Using Gamma-spectrometric analysis of fallout collected on greasy-plate catchers placed in the surroundings of nuclear power plant the method intended for the case of accident measurements was tested. Detection of cosmogenic Be-7, whose activity in fallout was surveyed for the period of several months and compared with activity in precipitation confirmed adequacy and practicality of the method.

Literatura

1. Courvoisier P., Nagel E.: Die Ueberwachung des Radioaktivitätsgehaltes der Luft mit Vaseline-Platten, Eidg. Institut für Reaktorsforschung Würenlingen/AG, TM-SU-82 (1967)
2. UNSCEAR, 1982 Report, United Nations 1982

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. do 13. lipnja 1985. godine

Cesar D., Novaković M., Cerovac H. i Bauman A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

EKSPOZICIJSKE DOZE IZMJERENE TERMOLUMINISCENTNIM DOZIMETRIMA
U SR HRVATSKOJ

Sažetak

U radu su podastrijeti podaci o izmjerenim ekspozicijskim dozama pomoću termoluminiscentnih dozimetara na više mjesta u SR Hrvatskoj od 1982. do 1984. godine. Rezultati pokazuju da se ekspozicijska doza povećala 1983. godine u odnosu na 1982. godinu, a da razlika izmedju ekspozicijske doze 1984. i 1983. godine nije značajna.

Uvod

Razvoj industrije uz mnogostruka dobra donosi i neželjene posljedice, koje s više ili manje uspjeha odstranjujemo ili ublažavamo. Jedna od takvih neželjenih posljedica razvoja industrije je i povišenje ekspozicijske doze. To je i razlog da se ekspozicijska doza mjeri na nekoliko mjesta u SR Hrvatskoj.

Mjerenja

Za mjerjenje ekspozicijske doze upotrebljavani su termoluminiscentni dozimetri $\text{CaF}_2:\text{Mn}$, model TL-33 proizvodnje Victoreen i očitavani čitačem model 2800 istog proizvodjača. Kao baždarni izvori korišteni su ^{226}Ra i ^{137}Cs . Svaki dozimeter je prije korištenja žaren 1 sat na temperaturi 350 °C.

Tokom godine dozimetri su zamjenjivani 2 do 4 puta, prema tome bili su izloženi zračenju 3 do 6 mjeseci. Broj mješta mjerena povećavao se svake godine.

Rezultati i diskusija

U tablici 1 napisane su godišnje ekspozicijske doze za svaku godinu od 1982. do 1984. godine i za svako mjesto mjerenja.

Tablica 1. Godišnje ekspozicijske doze (μCkg^{-1}) u SR Hrvatskoj

Oznaka mjesta	1982.	G o d i n a 1983.	1984.	$\bar{X} \pm s$
1.	25,8	29,5	27,2	27,5±1,9
2.	28,9	22,8	27,9	26,5±3,3
3.	27,4	34,0	29,6	30,3±3,4
4.	23,8	26,9	28,6	26,4±2,4
5.	25,6	30,9	28,1	28,2±2,7
6.	18,7	31,6	29,2	26,5±6,9
7.	26,1	32,9	31,2	30,1±3,5
8.	33,7	27,7	29,2	30,2±3,1
9.	22,9	36,0	35,1	31,3±7,3
10.	28,3	22,3	30,8	27,1±4,4
11.	23,6	29,6	28,0	27,1±3,1
12.	29,0	31,7	27,5	29,4±2,1
13.	27,4	29,2	26,2	27,6±1,5
14.	25,6	29,1	29,7	28,1±2,2
15.	26,7	29,5	27,7	28,0±1,4
$\bar{X} \pm s$	26,2±3,4	29,6±3,7	29,1±2,1	
16.		31,9	29,8	30,9±1,5
17.		29,8	31,2	30,5±1,0
18.		31,9	30,6	31,3±0,9
19.		29,3	32,6	31,0±2,3
20.		35,5	31,7	33,6±2,7
21.		28,7	31,8	30,3±2,2
22.			32,4	
23.			26,1	
$\bar{X} \pm s$	26,2±3,4	30,0±3,4	29,7±2,2	

U posljednjem stupcu tablice 1 napisane su srednje vrijednosti i standardne devijacije za pojedino mjesto mjerena kroz protekle tri godine. U redu izmedju 15. i 16. napisane su srednje vrijednosti i standardne devijacije u pojedinoj godini za 15 mjesta mjerena gdje je eksponicijska doza mjerena tri godine. U posljednjem redu tablice napisane su srednje vrijednosti i standardne devijacije u pojedinoj godini za sva mjesta u kojima je eksponicijska doza mjerena.

Testiranjem razlika srednjih vrijednosti i onih od 15 mjernih mjesta i onih od svih mjernih mjesta dobiven je isti rezultat, a to je da je srednja vrijednost eksponicijske doze u 1983. i 1984. godini veća od srednje vrijednosti eksponicijske doze u 1982. godini na razini statističke značajnosti manjoj od 0,1%. Srednje vrijednosti eksponicijskih doza u 1983. i 1984. godini ne razlikuju se statistički značajno.

Zaključak

Rezultati mjerena eksponicijskih doza termoluminiscentnim dozimetrima na više mjesta u SR Hrvatskoj pokazuju da je srednja vrijednost eksponicijske doze porasla 1983. godine u odnosu na 1982. godinu, dok je njezina promjena 1984. godine u odnosu na 1983. godinu zanemariva.

Abstract

RADIATION EXPOSURE MEASURED WITH THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS

Radiation exposure doses measured with thermoluminescent dosimeters at several locations in SR Croatia over a period from 1982 to 1984 are presented. The data show that exposure doses were higher in 1983 than in 1982 and that a difference between the 1984 and 1983 exposure doses is not significant.

Literatura

- (1) Phillips, C.R., AECB. INFO-0087 (1982).
- (2) Garbies, S.G., Attix, F.H., Pfaff, J.A., Intern.Journ. Appl.Rad.Isot. 18 (1967) 625.
- (3) Burgkhardt, B., Herrera, R., Piesch, E., Nucl.Inst.Meth. 137 (1976) 41.

Zahvala

Zahvaljujem tehničkim suradnicima Enisu Sokoloviću i Djuki Stampfu na pomoći pri radu.

XIII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. – 13. lipnja 1985

M. Pirš, K. Južnič

Institut Jožef Stefan, Univerza E. Kardelja, Ljubljana

MIGRACIJA RADIONUKLIDOV V TLEH

Izvleček Raziskana je bila hitrost migracije Cs-137 in Co-60 v vzorcih tal. Simulirali smo razmere v talni vodi in merili hitrost vode in gibanja omenjenih radionuklidov. Hitrost gibanja radionuklidov smo izračunali s pomočjo distribucijskega koeficijenta in rezultate primerjali.

Uvod

Če se radioaktivna tekočina razlije po zemlji pridejo radionuklidi v stik z zemeljskim materijalom in z njim reagirajo. Procesi, ki se pri tem vršijo so adsorpcija, absorpcija, ionska izmenjava, izotopska izmenjava in obarjanje. Največja množina ionov se veže preko ionske izmenjave.

Množina radionuklidov, ki se veže na material pa zavisi od koncentracije ravnotežne raztopine. Čim višja je koncentracija, tem večja množina radionuklidov se veže. Vezani radionuklidi ostanejo na mestu, razen če prodre do njih voda. Če pa pridejo radionuklidi v kontakt z vodo, preidejo v raztopino in se gibljejo dalje z vodo. Hitrost gibanja radionuklidov pa je manjša od hitrosti gibanja vode, ker se radionuklidi, ki preidejo v raztopino zopet vežejo na zemeljskih delcih. Hitrost migracije radionuklidov v zemlji zavisi: 1. od vrste iona, 2. od geološke sestave tal, 3. od sestave vode: trdota vode, pH, vsebnost tujih soli. Hitrost migracije se navadno določa oziroma očenjuje po enačbi:

$$\frac{V_v}{V_r} = 1 + \frac{K_d P}{s}$$

V_v – hitrost pretoka vode, V_r – hitrost gibanja radionuklidov, K_d – distribucijski koeficient, P – gostota, s – poroznost

$$K_d = \frac{\text{sorbirani radionuklidi/g}}{\text{radionuklidi v razt./ml}}$$

Predmet raziskav je bila primerjava hitrosti migracije radionuklidov oziroma razmerja hitrosti vode V_v : hitrost radionuklidov V_r z izmerjeno potjo radionuklidov v kolonah in preko K_d izračunano potjo.

Eksperimentalni del

Po geološki karti smo odvzeli na raznih lokacijah SRS vzorce tal. Lokacije so izbrane na terenih, ki so težko propustni za vodo in zaradi tega primerni za gradnjo skladišča radioaktivnih odpadkov. Vzorci so sestavljeni iz gline, škriljavcev, lapora itd. in označeni z Z-9, Z-11, Z-13. Poleg tega smo za poskuse uporabili še vzorce melja iz vrtine K14/74 globina 20 m iz področja NEK.

Vzorcem smo določili granulometrijski sestav tabela 1, kapaciteto pri dveh koncentracijah tabela 2, in distribucijske koeficiente K_d tabela 4. Kot radionuklide smo uporabili Cs-137 in Co-60.

Poskuse smo izvajali tako, da smo 30 g materijala nasuli v kolone ϕ 2 cm, 6 cm visoko. Na konec kolone smo pritrtili mixed bed kolono z dodatkom infuzijske zemlje in aktivnega oglja. Nato smo na vrh kolone dodali radionuklid počakali 7 dni, da so se vezali na materijal, nato pa smo začeli izpirati z vodovodno vodo ~ 12 NT. V določenih obdobjih smo merili aktivnost mixed bed kolone in efluenta. Efluent je bil vedno negativen. Po poskusu smo kolono razdrli in izmerili aktivnost v posameznih plasteh tabela 3. Vsi podatki in rezultati so zbrani v tabeli 4.

Tabela 1: Sejalna analiza vzorcev v %

Sito DIN	odprtina mm	Z-9	Z-11	Z-13	melj
nad 24	0,25	78	74,5	74	4,5
nad 10	0,15	5,5	7,5	10	4,5
nad 60	0,1	3	5,5	5,5	10
nad 80	0,075	4	4,5	4,5	11,5
nad 100	0,06	4	3,5	2,5	20
pod 100	0,06	5,5	4,5	3,5	49,5

Tabela 2: Kapaciteta vzorcev za Cs-137 in Co-60 v mekv/g ·

Vzorec	Ravnotežna raztopina N			
	0,001 CsCl	0,01 CsCl	0,01 CoCl_2	0,05 CsCl
Z-9		0,1	0,1	0,12
Z-11		0,06	0,04	0,1
Z-13		0,01	0,03	0,05
melj	0,012	0,06		

Tabela 3: Porazdelitev Cs-137 in Co-60 v kolonah po izpiranju v %

Vzorec	Z-9		Z-11		Z-13		melj	
Čas izpiranja dan	190		190		190		201	
Sredstvo izpiranja	H_2O		H_2O		H_2O		H_2O	0,005 KCl
Izotop	Cs-137	Co-60	Cs-137	Co-60	Cs-137	Co-60	Cs-137	
Višina kolone cm								
1	97	49	80	92	84	80	90	96
2	0,1	33	9	6,5	5	16	1,5	2
3	0,03	13	3	1	3	2	0,5	0,5
4	0,08	1,6	0,2	0,3	2	2	0	0,6
5	0,05	3	0,4	0,1	2	0,3	0,3	0
6	2	0,6	8	0,1	3	0,07	8	0,9
							0,2	0,2
								4

Tabela 4.

Vzorec	Z-9	Z-11	Z-13	1	2	3	4	5
ϕ kolone cm			2					
h vzorca cm		6						
efluent 1 H ₂ O	59	60	75,3	71	68,7	72	67,6	59
efluent 5 · 10 ⁻³ N KCl								2,9
Čas eluiranja dan	190	190	190	201				
Pretok l/d	0,31	0,32	0,4	0,37	0,36	0,39	0,34	0,29
Hitrost efluenta V _v cm/d	100	105	130	120	110	120	108	92
Poroznost			2					
Gostota			1,7					
K _d Cs-137	880		1610		1720		1185	160
K _d Co-60		420		397		410		
μCi Cs v kol.	7,7		6,6		6,3		1,9	1,9
μCi Co v kol.		2,35		2,3		2,3	2,24	2,24
Hitrost radio- nuklidov V _r cm/d			0,03				0,032	0,5
V _v /V _r merjeno	3280	3125	3750	4000	3750	3430	3670	3000
V _v /V _r računano	7480	3570	13700	3375	14600	3500	10000	1360
Co-60 v eflantu nCi		4,6		5,4		12,5		

Če si pogledamo rezultate merjenja migracije skozi kolone z meljem vidimo, da so izračunani rezultati $V_v : V_r$ daleč previsoki. Za poskuse merjenja poti Cs-137 skozi melj je razvidno, da je radionuklid nedvoumno naredil pot 6 cm (tabela 3). Verjetno je bila ta pot opravljena že preje, predno smo razdrli kolone in je hitrost radionuklida še večja. V efluentu oziroma mixed bed koloni Cs-137 nismo zasledili. V nekaterih kolonah se je v 6 cm zbral 8 % vsega Cs-137. Ta pojav si razlagamo tako, da se je verjetno pri polnjenju kolone droben melj zbral na dnu, drobnejši material pa bolje sorbira radionuklide. Verjetno so obstojali preko kolone kanali, v drobnih delcih na dnu pa se je Cs-137 vezal.

Izračunano razmerje $V_v : V_r$ preko K_d na melju je za 2 – 3 krat višje od izmerjenega oziroma Cs-137 se dejansko skozi melj giblje 2 – 3 krat hitreje.

Pri glinastih vzorcih je to razmerje 2 – 4, pri izpiranju z $5 \cdot 10^{-3}$ N KCl pa 9.

S pomočjo K_d izračunano razmerje $V_v : V_r$ se najbolj ujema z izmerjenim pri Co-60 na vzorcih Z-9, Z-11 in Z-13. Stevilke so skoraj enake. Vendar pa vse tri kolone prepuščajo Co-60 v koncentraciji 70 – 170 pCi/l. Izgleda kot, da se migracija Co-60 vrši v dveh stopnjah. Večji del Co-60 99,8 % se je pri izpiranju porazdelil po koloni tako, da se fronta giblje 3 – 4000 krat počasneje kot voda. Manjši del 0,2 % pa se giblje enako hitro kot voda. V 50 letih bi se fronta Co-60 premaknila za 57 m, v tem času pa bi se izpralo 18 % Co-60, ki bi se pred to fronto gibal s hitrostjo vode, ter prišel do 18 km daleč.

Zaključki

S pomočjo K_d izračunana hitrost migracije radionuklidov je prenizka. Radionuklidi se dejansko gibljejo 2 – 4 krat hitreje. Eksperimenti imajo sicer nedostatke: premajhen vzorec tal, razni kanali v koloni, neenakomerna granulacija itd. Kljub temu pa smatramo, da je s pomočjo K_d izračunana hitrost gibanja radionuklidov v talni vodi prenizka.

Abstract

The velocity of the migration of Cs-137 and Co-60 in the samples of soil was investigated. The conditions in the ground water were simulated and the velocity of the radionuclides and the water were measured. Distribution coefficients were determined and velocities compared.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10 - 13. lipnja 1985.

Mitrović R., Slobodanka Stanković, Bojović T., Petrović B.

Institut za primenu nuklearne energije u PVŠ, Zemun
Vojno medicinska akademija, Beograd
Veterinarski fakultet, Beograd

ODNOS PRIRODNE I URBANE SREDINE SA RADIOEKOLOŠKOG ASPEKTA

Kratak sadržaj: U radu su prikazani rezultati koji se odnose na komparativno definisanje prirodne (PS) i urbane (US) sredine sa radioekološkog aspekta. U uzorcima vode, zemlje, trave i sena, ustanovljene su neke osnovne radijacione veličine, od kojih su u radu prezentirane vrednosti za A-K-40 i A Cs-137.

Uvod

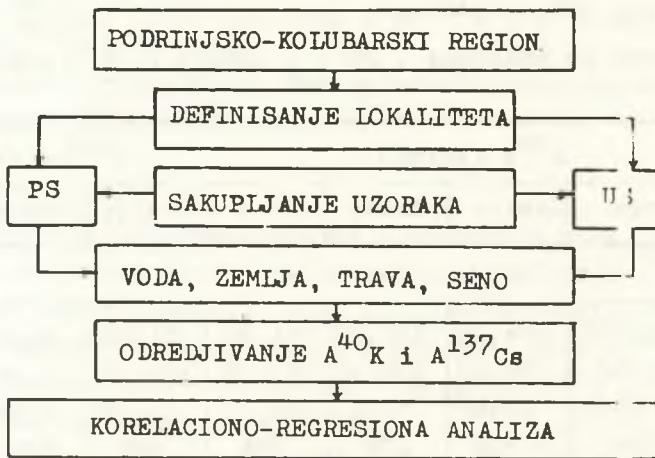
Imajući u vidu složenost problema i težinu posledica koje prate svaku nekontrolisalu emisiju nuklearne energije, čine se stalni napor da se što bolje upoznaju parametri koji određuju pojam radioaktivne kontaminacije. Ako se ovome doda i činjenica nagle industrijalizacije, kao i primena najsvremenijih agrotehničkih mera (razna veštačka djubriva, zaštitna hemijska sredstva i dr.) ovi naporci dobijaju na značaju.

U savremenoj literaturi sve se češće pojavljuju radovi koji izučavaju ovu problematiku. Međutim, i pored toga što postoji značajno iskustvo bazirano na brojnim rezultatima istraživanja radiokontaminacije eko-sistema, nameće se stalna potreba za detaljnim i sistematskim izučavanjem.

Kada su u pitanju radioekološka istraživanja jednog eko-loškog područja neophodno je ustanoviti elementarne zakonitosti koje vladaju, s jedne strane, u definisanoj prirodnoj i urbanoj sredini, i s druge strane, u odnosu ovih sredina.

Materijal i metoda

Radioekološka istraživanja obuhvatila su područje Podrijsko-kolubarskog regiona, pri čemu su korišćene standardne radijaciono-higijenske metode (1,2), prema priloženoj žemi 1.



Šema 1. - Metodološka postavka radioekoloških istraživanja u definisanim sredinama (PS i US) jednog eko-sistema

Rezultati i diskusija

Na osnovu srednjih vrednosti, \bar{X} od N20 za prirodnu i \bar{X} od N14 za urbanu sredinu, ustanovljenih nivoa $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$, formirana je tabela 1 koja omogućava komparativna razmatranja.

Rezultati dati u ovoj tabeli pokazuju da je kod:

- vode iz PS nivo $A^{40}K$ u odnosu na vodu iz US manji za faktor 5,2;
- zemlje iz PS nivo $A^{40}K$ u odnosu na zemlju iz US manji za faktor 3,3. Kad je u pitanju $A^{137}Cs$ može se konstatovati da je u zemlji iz PS njegov nivo aktivnosti veći za faktor 1,3;
- trave iz PS nivo $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$ u odnosu na travu iz US manji za faktor 1,4;
- sena iz PS nivo $A^{40}K$ u odnosu na seno iz US veći za faktor 1,3. Nivo $A^{137}Cs$ veći je u senu iz PS za faktor 3,3.

U tabeli 2 dati su korelaciono-regresioni parametri ispitivanih uzoraka, koji definišu medjusobnu zavisnost $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$. Na osnovu dobijenih vrednosti KK (koeficijenta korelacije) može se konstatovati da u prirodnoj sredini:

- svi analizirani uzorci imaju izrazito slabu korelacionu zavisnost $A^{40}K$ u odnosu na $A^{137}Cs$.

Medutim, u urbanoj sredini, na osnovu dobijenih vrednosti KK proizilazi da:

Tabela 1. - Nivo $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$ u uzorcima vode, zemlje, trave i sena iz prirodne (PS) i urbane (US) sredine

Statistič. parametri	$A^{40}K$ (Bq/kg)				$A^{137}Cs$ (Bq/kg)		
	Voda	Zemlja	Trava	Seno	Zemlja	Trava	Seno

a/ PS

							X od N20
I	0,0633	104,15	194,38	441,90	51,69	1,10	3,15
IV	0,142	94,68	230,81	589,38	104,15	1,98	4,28
SD	0,0441	30,88	55,93	168,07	24,97	0,62	1,04
Cv	70%	30%	29%	38%	48%	57%	33%

b/ US

							X od N14
I	0,3300	350,35	273,20	330,56	39,90	0,74	0,95
IV	1,8208	94,68	508,06	561,76	81,33	1,12	1,51
SD	0,6413	25,36	173,93	160,36	25,70	0,36	0,44
Cv	194%	7%	63%	48%	64%	48%	45%

Tabela 2. - Korelaciono-regresioni parametri $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$ uzoraka iz prirodne i urbane sredine

Uzorak	RT%	N	Jednačina regresije $Y = a + b \cdot x$	KK	KD%	KND%
--------	-----	---	--	----	-----	------

PS

Zemlja	95	20	$Y = 113,50 - 0,18 \cdot x$	-0,15	2,25	97,75
Trava	95	20	$Y = 185,13 + 8,37 \cdot x$	0,09	0,81	99,19
Seno	95	20	$Y = 400,39 + 13,19 \cdot x$	0,08	0,64	99,36

JS

Zemlja	95	14	$Y = 380,08 - 0,74 \cdot x$	-0,76	57,76	42,24
Trava	95	14	$Y = 74,98 + 267,61 \cdot x$	0,56	31,36	68,64
Seno	95	14	$Y = 122,74 + 216,96 \cdot x$	0,60	36,00	64,00

- zemlja ima visoku korelacionu zavisnost (KK = -0,76) $A^{137}\text{Cs}$ u odnosu na $A^{40}\text{K}$,
- trava i seno imaju srednju korelaciono-regresionu zavisnost $A^{137}\text{Cs}$ u odnosu na $A^{40}\text{K}$.

Zaključak

Imajući u vidu komparativna razmatranja može se zaključiti da:

1. ispitivani uzorci iz PS imaju manje nivoe $A^{40}\text{K}$, sa izuzetkom sena koje je pokazalo veće nivo aktivnosti u PS;
2. ispitivani uzorci iz PS imaju veći nivo $A^{137}\text{Cs}$;
3. je korelaciono-regresiona zavisnost $A^{40}\text{K}$ u odnosu na $A^{137}\text{Cs}$ kod ispitivanih uzoraka iz:

- prirodne sredine izrazito slaba, pravolinijski negativna (zemlja) i pravolinijski pozitivna (trava, seno),
- urbane sredine visoka i pravolinijski negativna (zemlja), a kod uzorka trave i sena srednja i pravolinijski pozitivna.

Abstract

RATIO BETWEEN THE NATURAL AND URBANE ENVIRONMENT FROM THE RADIODECOLOGICAL ASPECT

The paper presents results pertaining to the comparative definition of the natural (PS) and urbane (US) environment from the radioecological aspect. Some basic radiation units were established in water, soil, grass, and hay samples, and the values for $A^{40}\text{K}$ and $A^{137}\text{Cs}$ are presented in this paper.

Literatura

1. Mitrović R.: Doktorska disertacija, Vet. fak., Bgd, 1984.
2. Mitrović R. i sar.: Komparativno određivanje UbA u uzorcima stočnih hraniva različitog lokaliteta i porekla, VI. Savetovanje, Primošten, 1980.
3. Radovanović R. i sar.: Radionuklidi u životnoj sredini, Inst. za medic. rada, Bgd, 1979.
4. Petrović B., Draganović B.: Osnovi radioekologije animalne proizvodnje, Vet. fak., Bgd, 1979.
5. Petrović, B., Djurić Gordana: Elementi radioekologije u stičnoj proizvodnji, Vet. fak., 1981.
6. Kraljević P. i sar.: Vet. arhiv, 54 (1) 43-49, 1984.
7. Kraljević P. i sar.: Vet. arhiv 53, 1983.
8. Kraljević P. i sar.: Veterinarija, 31, 313-318, 1982.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. juna 1985.

Jevremović T.

Energoprojekt, OOUR za termo i nuklearne elektrane i postrojenja
Bulevar Lenjina 12, Beograd

NUMERIČKO VREDNOVANJE AMBIJENTALNIH KARAKTERISTIKA LOKACIJE NE

ABSTRAKT. U redu je prikazan postupak numeričkog vrednovanja ambijentalnih karakteristika okoline tri mikrolokacije za gradnju nuklearne elektrane, pomoću numeričkog programa SITO, razvijenog u nuklearnom institutu u Pizi (Italija), a nabavljenog posredstvom NEA Data Bank.

UVOD

Na posmatranoj potencijalnoj makrolokaciji za gradnju NE, s obzirom na ispunjenost svih potrebnih kriterijuma, odabrane su tri mikrolokacije. Vrednovanjem promena uzrokovanih gradnjom i pogonom NE i poređenjem sa inicijalnim vrednostima ambijenta, dobija se mikrolokacija najpovoljnija sa aspekta ekoloških, fizičko-hemijskih, socio-ekonomskih i estetskih uticaja NE.

METODA SITO

Definisanje početnog stanja lokacije vrši se ponderisanjem 16 odabranih osobnosti ambijenta, pri čemu je njihov zbir jednak 100. Zatim se posmatrano područje izdeli na zone čije veličine zavisi od postrojenja. Unutar ovih zona vrši se ponderisanje 16 karakteristika ambijenta dodeljivanjem pondera, tzv. indeksa kvaliteta (najveća vrednost je 5, a najmanja 1).

Efekat planiranih aktivnosti na ambijentalne vrednosti područja (zsuzetost terena, promena putne mreže, ispuštanje gasovitih i tečnih efluenata i sl.) ponderiše se sa aspekta negativnog uticaja, poboljšanje vrednosti sektora ili neznatnog uticaja. Ovi efekti, s obzirom da je njihov uticaj zavisан od rastojanja od NE, ponderišu se i sa aspekta, tzv. funkcija širenja. Posebno se ponderiše uticaj razmatranih aktivnosti unu-

tar ekskluzivne zone.

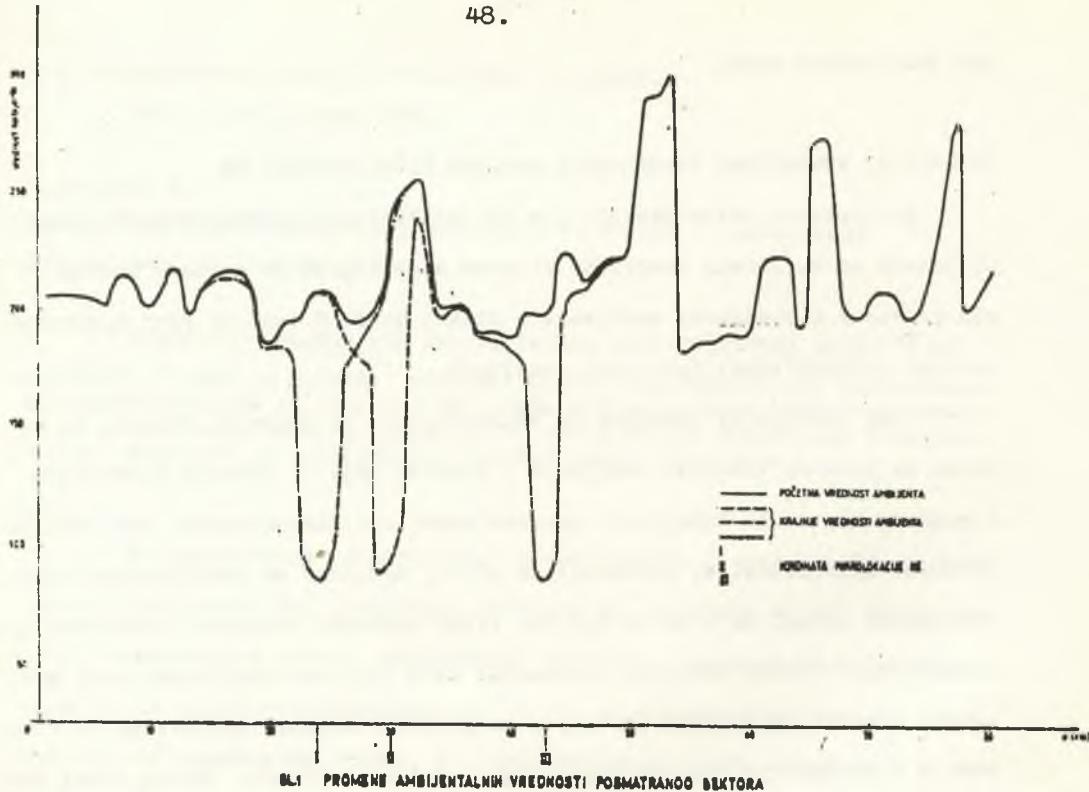
REZULTATI NUMERIČKOG VREDNOVANJA OKOLINE MIKROLOKACIJA NE

Za odabranu makrolokaciju (sa tri potencijalne mikrolokacije) ulazni podaci za korišćeni numerički program napravljeni su na bazi nedovoljnih podataka o vrednosti ambijenta u svakoj zoni. S toga se mora naglasiti izvesna subjektivnost dobijenih rezultata.

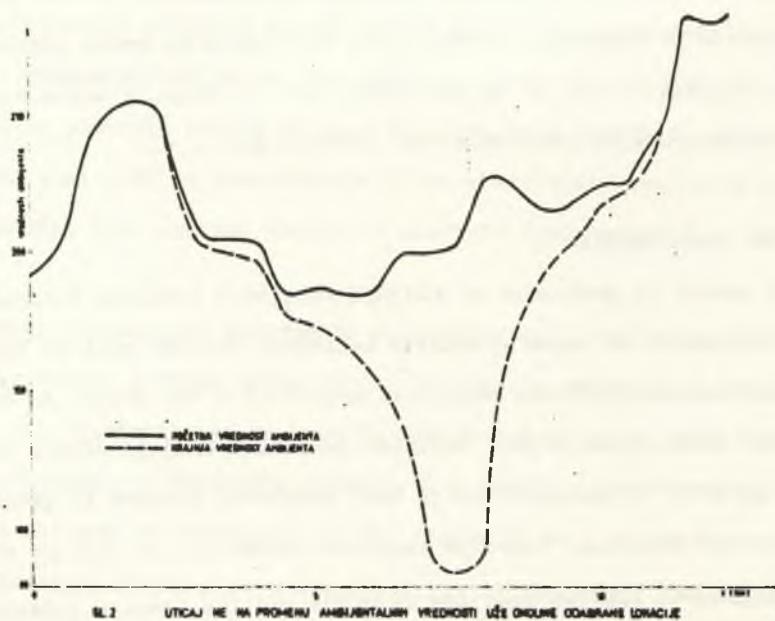
Kao povoljnija odabrana je mikrolokacija na 43-em kilometru, s obzirom na početnu vrednost ambijenta i promene koje će nastati izgradnjom i pogonom NE, sl.1. Detaljnije promene ambijentalnih vrednosti uže okoline odabrane mikrolokacije, prikazane na sl.2., dobijene su smanjivanjem stranica mreže (zona) sa 1 km na 0.5 km. Kriva početnih vrednosti ambijenta pokazuje zonu srednje ekološke vrednosti; viša vrednost ambijenta (prvi maksimum) ukazuje na blizinu naselja i ekoloških vrednosti sektora, da bi u nadnih 7 km opadala, te dostigla drugi maksimum u blizini jednog većeg mesta sa rekreativnom zonom na suprotnoj obali reke. Krajnje vrednosti ambijenta se dosta razlikuju od početnih samo u zoni odabranoj za gradnju elektrane. Nagli pad početnih vrednosti ambijenta prouzrokovani su svim aktivnostima potrebnim za izgradnju postrojenja, čime se bitno menja prvobitna namena terena: najveći uticaj je na postojeću floru i faunu, a zatim slede uticaji na vazduh, vode, mikroklimu, navike stanovništva i sl.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U tabeli 1. prikazani su krajnji rezultati izvršene analize osetljivosti. Testirane su razne vrednosti težinskih faktora koji se dodeljuju 16 odabranim karakteristikama ambijenta svrstanih u tri grupe. Na osnovu preračunatih koeficijenata koji definišu početno i krajnje stanje ambijenta uočava se da je najprihvatljiviji skup težinskih faktora II grupe. Drugi zaključak je pogodnost lokacije označene brojem 1., za koju je za usvojenu grupu težinskih faktora dobijena najmanja razlika između početnih i kraj-



SL. 1 PROMENE AMBIJENTALNIH VREDNOSTI POBRATANOG SEKTORA



SL. 2 UTICAJ HE NA PROMENU AMBIJENTALNIH VREDNOSTI UŽE ODRUHE DOBARANE LORACJE

Tabela 1. Rezultati analize osetljivosti

grupa težinskih faktora lokacija	I			II			III		
	koefficijenti	RP	RK	ΔR	RP	RK	ΔR	RP	RK
1.	0.49	0.42	0.07	0.44	0.41	0.03	0.52	0.44	0.08
2.	0.50	0.42	0.08	0.41	0.37	0.04	0.53	0.44	0.09
3.	0.52	0.44	0.08	0.42	0.38	0.04	0.56	0.47	0.09

RP - početne vrednosti ambijenta

RK - krajnje vrednosti ambijenta

ΔR = RP - RK

njih vrednosti ambijenta.

Numerički program SITO omogućava i prostornu analizu promene ambijentalnih vrednosti sektora u kome se planira izgradnja NE. Pri tome moguća je kvantifikacija uticaja u zoni od najvećeg interesa, čime se potvrđuje objektivnost predložene metode uz neophodno raspolažanje podobnih podataka koji definišu realno stanje posmatrane zone.

LITERATURA

1.Finucci, D., Mazzini,M., Oriolo,F.:Energia nucleare, vol.27, 1980.

2.SITO-numerički program

ABSTRACT. In this paper a procedure for numerical evaluation of environmental characteristics of three microlocations for nuclear power plant is presented. This procedure is based on numerical program SITO, developed in Pisa Nuclear Institute (Italy) and obtained from NEA Data Bank.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985.

Patić D., Smiljanić R. i Gršić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zaštita"

UPOREDNA ANALIZA METODA ZA ODREĐIVANJE KATEGORIJA STABILITETA

PRIZEMNOG SLOJA VAZDUHA

Abstrakt: U radu su prikazani rezultati poredjenja kategorija stabilite prizemnog sloja vazduha koje su odredjene Pasquill-Uhligovom i Pasquill-Turner-ovom metodom. Analiziran je niz časovnih vrednosti za jedanaestomesečni period.

Prilikom ispuštanja efluenata u atmosferu dolazi do njihovog manjeg ili većeg razblaženja, u zavisnosti od meteoroloških uslova. Disperzija kontaminanata u okolini ocenjuje se korišćenjem disperzionih matematičkih modela, u koje ulaze kako podaci o ispuštanju kontaminanta, tako i podaci o meteorološkim uslovima na posmatranom lokalitetu.

Kod ocene disperzije kontaminanta veoma je važno kvantitativno odredjivanje meteoroloških uslova. Više autora radilo je na ovom problemu i pokušavalo da ga reši preko kategorizacije uslova stabilnosti vazduha. Klasifikacija je vršena na osnovu izmerenih vrednosti pojedinih meteoroloških parametara i osmatranja meteoroloških pojava. Razni autori su koristili različite grupe meteoroloških parametara kao pokazatelje stabiliteta, a dobijene ocene pojedinih autora bile su u većoj ili manjoj meri saglasne.

U okviru ovog rada uporedjene su kategorije stabiliteta dobijene metodama Pasquill-Uhlig-a i Pasquill-Turner-a.

Eksperimentalni materijal čine kategorije stabiliteta odre-

djene ovim metodama za svaki sat u toku 11 meseci (decembar 1983.- oktobar 1984.).

Pasquill-Turner-ov metod klasifikacije zasniva se na korišćenju sledećih meteoroloških parametara: brzina vетра, облачност (visina oblaka, stepen pokrivenosti neba oblacima), visina sunca u terminima osmatranja.

Pasquill-Uhlig-ov metod koristi sledeće parametre: brzina vетра, облачност, stanje tla, vidljivost.

Svaki od autora razradio je metodologiju za konačno dobijanje kategorija stabiliteta iz ovih parametara. Obe metode idu preko indeksa bilansa zračenja, a stabilitet se prema Pasquill-u klasificuje u sedam klasa, od nestabilne A kategorije, do najstabilnije G kategorije.

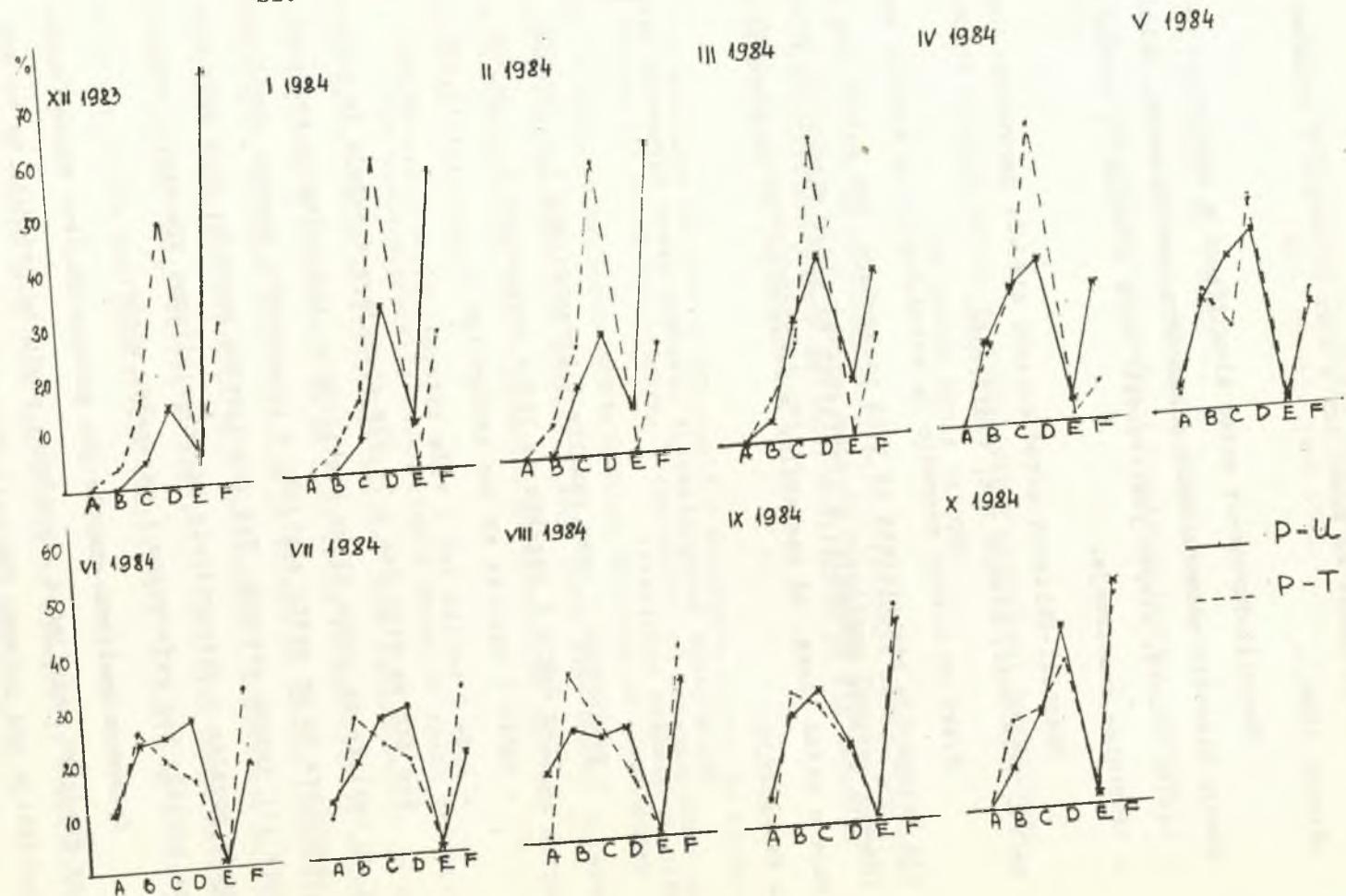
Uporedjenje kategorizacije izvršene dvema navedenim metodama dalo je sledeće rezultate:

- poklapanje (nema razlike u kategorijama).....39,88%
- vrlo dobro (razlika za jednu kategoriju).....34,34%
- dobro (razlika za dve kategorije).....12,83%
- loše (razlika tri i više kategorija).....12,95%

Kao što se vidi čak u 74,22% slučajeva slaganje je potpuno ili do razlike za jednu klasu stabiliteta. Metodologija, međutim, ne omogućava da se nešto zaključi o pouzdanosti procene stabiliteta jednom ili drugom metodom. Tek gradijentna merenja, koja daju pouzdanije podatke o disperzionim karakteristikama atmosfere, mogla bi da se koriste kao referentna i za ovakve ocene.

Posebnom analizom stabilnijih kategorija, kao najznačajnijih sa gledišta zagadjenja atmosfere, moglo se utvrditi da su one zastupljenije kod primene Pasquill-Uhlig-ove metode kategorizacije nego primenom Pasquill-Turnerove metode. Zbog toga je Pasquill-

Sl. 1 Zastupljenost kategorija stabiliteta po mesecima



53.

-Uhlig-ova metoda konzervativnija, pa sa aspekta zaštite i pogodnija. Razlike su naročito izražene u zimskim mesecima.

Rezultati zastupljenosti pojedinih kategorija stabiliteta atmosfere po mesecima prikazane su na Sl.1.

Abstract: THE COMPARATIV ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINATION OF THE STABILITY CLASSES OF THE GROUND LAYER ATMOSPHERE, In the paper are shown the results of the comparison of classifications of the stability of ground layer atmosphere according to the methods Pasquill-Uhlig and Pasquill-Turner. The eleven month period hourly values wos analysed.

L I T E R A T U R A

1. Tipovye harakteristiki nižnego 300- metrovogo sloya atmosfery po izmereniyam na vysotnoi mačte, redakcija N.L. Byzovoi, IEM, Moskva, 1982.

XIII Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja
Pula 10. do 13. lipnja 1985.

Marović G., Cesar D., Bauman A.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

VARIJACIJE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI U ZRAKU

Sažetak

Tokom 1983. i 1984. godine vršena su ispitivanja nivoa radioaktivnosti zraka na različitim lokacijama u blizini jedne termoelektrane na ugljen. Uzorkovanje je bilo kontinuirano i ustanovljeno je da ukupna alfa aktivnost često premašuje SGDK za nepoznati sastav zraka.

Uvod

Veliki izvor prirodne radioaktivnosti su termoelektrane koje koriste fosilna goriva (1).

Svi ugljeni sadrže odredjene količine radioizotopa ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th kao i potomke nastale njihovim radioaktivnim raspodom. Kopanjem ugljena aktivnost se prerasporedjuje iz dubine ugljnih slojeva gdje nije bitno utjecala na ljude i biosferu na površinu zemlje gdje može bitno utjecati na količinu radioaktivnosti u okolišu. Sagorijevanjem ugljena u termoelektranama ta se prirodna radioaktivnost širi u okoliš i to znatno koncentrirana. Izgaranjem na ložištima smanjuje se volumen na pepeo i šljaku u omjeru od 1:5 do 1:10.

Rezultati istraživanja ukazuju da klasične elektrane predstavljaju veću opasnost s obzirom na vrstu i količinu ispuštenog radioaktivnog materijala od odgovarajućih nuklearnih elektrana iste snage.

Naš zakon (2) propisuje granice maksimalno godišnjeg do-puštenog unošenja radionuklida (MGDU) i srednju godišnju do-puštenu koncentraciju radionuklida (SGDK) u zraku za nepoznatu ili djelomično poznatu smjesu. Za potpuno nepoznatu smjesu radionuklida u zraku dozvoljena je SGDK od $1,8 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3$. Međutim, ukoliko je smjesa donekle poznata, može se koristiti i veća SGDK.

Materijal i metoda

Ukupna alfa aktivnost mjerena je na dnevno sakupljenim uzorcima zraka volumena $100\text{--}200 \text{ m}^3$.

Rezultati su prikazani u tablicama 1 i 2, a izraženi su kao prosjeci ukupne alfa aktivnosti zraka.

Mjerenja su izvršena poluvodičkim detektorom i ORTEC-ovim multikanalnim analizatorom, te je izmjerena ukupna alfa aktivnost. Uzorci su sakupljeni na 3 lokacije: 4 km Z, Lokacija I; 4 km J, Lokacija II i na Lokaciji III - 1,5 km JI od izvora kontaminacije tj. termoelektrane.

Rezultati i diskusija

Tablica 1. Ukupna alfa aktivnost zraka (mBq/m^3)

Lokacija	Mjesec	Broj uzo- raka	\bar{x}	% SGDK $(1,8 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3)$	% SGDK $(7 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3)$
I	IX	17	0,093	51,66	13,29
	X	31	0,289	160,56	41,30
	XI	30	0,386	214,44	55,08
	XII	31	0,290	161,11	41,43
	I	31	0,352	195,56	50,24
	II	28	0,354	196,67	50,60
	III	22	0,355	197,22	50,69
II	IX	18	0,343	190,56	49,00
	X	30	0,370	205,56	52,86
	XI	30	0,298	165,56	42,58
	XII	21	0,135	75,00	19,29
	I	31	0,155	86,11	22,14
	II	29	0,161	89,44	23,00
	III	18	0,158	87,78	22,55
III	III	9	0,085	47,22	12,17
	IV	30	0,042	23,33	5,92
	V	31	0,130	72,22	18,58
	VI	27	0,210	116,67	29,99
	VII	31	0,232	128,89	33,10
	VIII	31	0,231	128,33	32,97
	IX	29	0,278	154,44	39,71

Tablica 2. Maksimalne vrijednosti ukupne alfa aktivnosti u zraku (mBq/m^3)

Lokacija	Mjesec	Broj uzoraka	Broj premašaja SGDK u mjesecu	Maksimum	% SGDK $1,8 \times 10^{-4} \text{ Bq}/\text{m}^3$	% SGDK $7 \times 10^{-4} \text{ Bq}/\text{m}^3$
I	X	31	2	0,704 0,744	391,11 413,33	100,58 106,29
	XI	30	4	0,724 0,900 0,869 0,755	402,22 500,00 482,78 419,44	103,43 128,58 124,15 107,86
	XII	31	2	1,113 0,748	618,33 415,56	159,00 106,86
	I	31	2	1,125 0,706	625,00 392,22	160,72 100,86
	II	28	1	0,822	456,67	117,43
	II	IX	18	3	0,716 0,701 0,778	397,78 389,44 432,22
		X	30	3	0,724 0,701 0,972	402,22 389,44 540,00
		V	31	1	0,733	407,22
	VI	28	4	1,113 0,719 0,883 0,766	618,33 399,44 490,56 425,56	159,00 102,71 126,14 109,43
	IX	30	2	0,891 0,963	495,00 535,00	127,29 137,57

Dobiveni rezultati pokazuju da je prosječna SGDK za potpuno nepoznati smjesu ($1,8 \times 10^{-4} \text{ Bq}/\text{m}^3$) na Lokaciji I premašena u svim mjesecima osim u IX. Prosječna SGDK kod djelomice poznate smjese ($7 \times 10^{-4} \text{ Bq}/\text{m}^3$) nije niti jedanput premašena, ali je došlo do dnevnih premašenja i to: 2 puta u X, 4 puta u XI, 2 puta u XII, 2 puta u I i 1 puta u II mjesecu. Maksimalne vrijednosti ukupne alfa aktivnosti dnevnih premašenja prikazane su u tablici 2.

Izmjerena alfa aktivnost na Lokaciji II pokazuje da je prosječna SGDK za potpuno nepoznatu smjesu premašena u IX, X i XI mjesecu. Prosječna SGDK za djelomično poznatu smjesu ne premašuje niti jedanput osim kod šestdnevnih uzoraka; 3 u IX i 3 u X mjesecu.

Takodjer na Lokaciji III vidimo premašenja prosječne SGDK za potpuno nepoznatu smjesu od VI do IX mjeseca, a prosječna SGDK za djelomično poznatu smjesu nije premašena osim kod sedmodnevnih uzoraka, 1 puta u V, 4 puta u VI i 2 puta u IX mjesecu.

Limitirajući radionuklid je ^{231}Pa , koji bi mogao prouzročiti zabranu rada termoelektrane, dok se ne uvede prečišćavanje.

Abstract

VARIATIONS OF NATURAL RADIOACTIVITY IN THE AIR

During the years 1983 and 1984 the level of radioactivity in the air was measured at various locations in the vicinity of a coal-fired power plant. The sampling was continuous. Total alpha activity often exceeded the mean annual permissible concentrations for the air of unknown composition.

Literatura

- (1) UNSCEAR 1982. Report to the General Assembly with Annexes, N.Y. 1982.
- (2) Službeni list SFRJ br. 32/1979.

Zahvala

Zahvaljujemo na pomoći tehničkoj radnici Mirici Bajlo.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. do 13. lipnja 1985. godine

Kovač J. i Bauman A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

DOPRINOS METODOLOGIJI ODREĐIVANJA WL

Sažetak

U radu je prikazana metodologija koja omogućava istovremeno određivanje working levela, koncentracije Po-218, Pb-214 i Bi-214, te izračunavanje ukupne alfa aktivnosti. Rezultati opterećenja organizma potomcima radona dobiveni mjeranjem ukupne alfa aktivnosti usporedjeni su s onima dobivenim mjeranjem ukupne beta aktivnosti.

Uvod

^{222}Rn nastaje raspadom ^{226}Ra čija prisutnost u prirodi varira od $< 37 \text{ mBq g}^{-1}$ u tlu, do 1 Bq g^{-1} u uranovim rudačama. Radon, koji je inertni plin lagano se prenosi podzemnim vodama i difundira kroz tlo i porozne stijene. Na mnogim lokacijama koncentracija radona u okolišu pokazuje dnevne promjene koje ovise o topografiji područja, klimi i sl. Ovisno o brzini i smjeru vjetra može se u kratkom vremenu promijeniti za faktor 20⁽¹⁾. U zatvorenim prostorima veliki utjecaj na koncentraciju radona (porijeklom iz gradjevinskog materijala) ima prozračivanje.

Kako se vrijednosti energija zračenja potomaka radona razlikuju međusobno, te kako je oštećenje organizma posljedica ukupno apsorbirane energije, to proizlazi da je bolje izraziti moguću opasnost od tih radionuklida preko njihove potencijalne alfa energije nego preko koncentracije. Zbog toga je i uveden pojam working levela (WL), koji je jedinica opte-

rečenja organizma potomcima radona. 1 WL predstavlja zbroj alfa energija koje se oslobadjaju od potomaka radona u 1 litri zraka, a pri tome oslobadjaju $1,35 \times 10^5$ MeV alfa energije⁽²⁾.

Zbog svega navedenog, odredjivanje WL, koncentracije radona kao i njegovih potomaka predstavlja jedinstven problem koji se duže vremena pokušava riješiti^{(2), (3)}.

Mjerenja

U jednoj podrumskoj prostoriji, bez prozora, koja je prije služila kao skladište, odredjivan je working level metodom Scotta⁽⁴⁾ (mjerljem ukupne alfa aktivnosti) i metodom Holmgrena⁽⁵⁾ (mjerljem ukupne beta aktivnosti).

Metoda Scott: Uzorci su sakupljeni tri puta dnevno tokom 10 dana, uvijek u isto vrijeme, te je izračunata njihova dnevna srednja vrijednost. Uzorci zraka se sakupljaju preko glass fibre filtera pumpanjem 5 minuta, zatim se mjere dva puta po 5 minuta ZnS detektorom vezanim na jednokanalni brojački komplet proizvodnje Instituta "Boris Kidrič" Vinča. U periodu 45-85 minuta po početku uzorkovanja uzorak se broji treći put, a taj podatak služi za izračunavanje koncentracije potomaka radona.

Metoda Holmgren: Metoda odredjivanja working levela mjerljem ukupne beta aktivnosti temelji se na definiciji WL uz dvije pretpostavke:

I Kada su ^{214}Pb i ^{214}Bi u ravnoteži, daju 90% ukupne krajnje alfa energije, te će se i procjena WL temeljena na njihovoj koncentraciji približiti 90% svoje stvarne vrijednosti. Tada se može uvesti faktor koji će nadomjestiti pomanjkanje doprinosa ^{218}Po , koje je posljedica brojanja samo beta aktivnosti.

II Model uzima u obzir koncentracije radonovih potomaka u omjeru $^{218}\text{Po} : ^{214}\text{Pb} : ^{214}\text{Bi} = 1 : 0,65 : 0,35$.

Uzorci su sakupljeni tri puta dnevno tokom 10 dana, uvijek u isto vrijeme i u iste dane kada su sakupljani i uzorci za mjerjenje WL metodom Scotta, te je izračunata njihova dnevna srednja vrijednost. Uzorci zraka se sakupljaju preko

glass fibre filtera pumpanjem 15 minuta, zatim se 30 minuta nakon početka uzorkovanja broje 15 minuta na beta brojaču Nuclear Chicago - model 2800 A.

Rezultati i diskusija

Usporedbeni rezultati određivanja WL mjerjenjem ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. WL određen mjerjenjem ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti

Dani	Scott ⁽⁴⁾	Holmgren ⁽⁵⁾
1.	$2,75 \times 10^{-3}$	$4,00 \times 10^{-3}$
10.	$3,98 \times 10^{-3}$	$3,99 \times 10^{-3}$
20.	$3,87 \times 10^{-3}$	$4,37 \times 10^{-3}$
30.	$6,92 \times 10^{-3}$	$4,76 \times 10^{-3}$
40.	$9,59 \times 10^{-3}$	$4,82 \times 10^{-3}$
50.	$6,22 \times 10^{-3}$	$4,71 \times 10^{-3}$
60.	$7,72 \times 10^{-3}$	$5,18 \times 10^{-3}$
70.	$7,44 \times 10^{-3}$	$6,08 \times 10^{-3}$
80.	$6,87 \times 10^{-3}$	$3,51 \times 10^{-3}$
90.	$7,11 \times 10^{-3}$	$4,39 \times 10^{-3}$
100.	$5,83 \times 10^{-3}$	$4,56 \times 10^{-3}$
\bar{x}	$(6,21 \pm 1,99) \times 10^{-3}$	$(4,58 \pm 0,68) \times 10^{-3}$

Kako je vidljivo iz tablice, rezultati mjerjenja WL se osjetno razlikuju ovisno o mjerenujukupne alfa ili ukupne beta aktivnosti, što je potvrđeno i testiranjem razlika aritmetičkih sredina. Dobiveno je da se one razlikuju na razini značajnosti izmedju 1 - 2 %.

Kako smatramo da još nemamo dovoljan broj podataka, to ne možemo sa sigurnošću reći da je WL dobiven metodom Scotta veći (cca 35%) od WL dobivenog metodom Holmgrena. Daljnja mjerjenja i istraživanja su u toku.

Abstract

ON THE METHODOLOGY OF WORKING LEVEL DETERMINATION

A method enabling concurrent determination of working level, ^{218}Po , ^{214}Pb and ^{214}Bi concentrations and calculation of total alpha activity is described. The data on body burden by radon descendants obtained by measurements of total alpha activity are compared with those based on measurements of total beta activity.

Literatura

- (1) Momčeni, M.H., Zielen, A.J., Miranda Jr., J.E., Kretz, N.D., Kisieleski, W.E., USNRC, NUREG/CR-1412, ANL/ES-88 (1980).
- (2) Safety Series No 43, IAEA (1976).
- (3) Hajduković, D., VII Simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari (1973) 406.
- (4) Scott, A.G., Health Phys. 41 (1981) 403.
- (5) Holmgren, R.M., Health Phys. 27 (1973) 141.

Zahvala

Zahvaljujemo se tehničkom suradniku Enisu Sokoloviću na pomoći pri radu.

XIII. Jugoslovanski simpozij zaščite pred sevanji
Pulj, 10. do 13. junija 1985

RADON V ZRAKU SLOVENSKIH KRAŠKIH JAM

Kobal I., Smoliš B., Škofljane M.

Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja, Ljubljana

V delu so zbrani podatki o meritvah koncentracij radona v zraku slovenskih kraških jam. Izmerjene vrednosti so v širokem območju od naravnega ozadja do okrog 7000 Bqm^{-3} .

Uvod

Meritve izpred nekaj let v Postojnski jami in Škocjanskih jamah (1) so pokazale, da lahko pričakujemo tudi v naših kraških jamah povečano koncentracijo radona v zraku. Zato smo se v letu 1984 povezali z Jamarskim društvom Ljubljana in organizirali zajemanje vzorcev zraka v 15 neturističnih slovenskih kraških jamah. Namen meritev je bil predvsem ugotoviti nivoje koncentracij. Iz teh lahko ocenimo radiološko obremenitev jamarjev zaradi dihanja podzemnega zraka in tudi dobimo grobo sliko prezračevanja jame.

Vzorčevanje in analizni postopek

Ob spustu v jamo so jamarji vzeli s sabo do 6 scintilacijskih celic (2) in jih na karakterističnih mestih napolnili s podzemnim zrakom. Meritve aktivnosti alfa smo izmerili v laboratoriju.

Rezultati in diskusije

Rezultati meritev so zbrani v tabeli 1, na sliki 1 pa so vrisane kraške jame, v katerih smo vzeli vzorce zraka. Zaradi omejitve prostora je pri posamezni jami pripisano samo območje izmerjenih koncentracij in ne tudi koncentracije na vsakem mestu. V nekaterih jamah so koncentracije izpod meje občutljivosti metode, medtem ko so v drugih znatno večje, z največjo vrednostjo 7220 Bqm^{-3} v Breznem na Milah. Ker se jamarji zadržujejo v jami do nekaj ur, je obremenitev zaradi radona in radonovih potomcev majhna. Kakor hitro pa katero jamo odpremo za turiste, se razmere spremeniijo (3,4,5). Takrat vodiči in vzdrževalci prebijejo večji del svojega delovnega časa pod zemljo in takrat bi bila pri nekaterih jamah obremenitev že večja, kot je dovoljeno za splošno prebivalstvo.

TABELA 1: Območje koncentracij ^{222}Rn v zraku slovenskih kraških jam

Ime jame	datum 1984	območje $T\ (^{\circ}\text{C})$	območje koncentracij $\text{Rn}^{222} (\text{Bq m}^{-3})$
1 Gorjanska jama	6. 5.	7,9 – 9,0	1500 – 2590
2 Jama v partu pri ogradi	12. 5.	10,0	290 – 890
3 Jama pod Babjim zobom	19. 5.	5,0 – 7,0	120 – 700
4 Stota jama	26. 5.	8,0 – 11,2	4980 – 6240
5 Brezno na Milah	26. 5.	11,2	7220
6 Jama na Milah	26. 5.	7,5	3460 – 4970
7 Vilenica	6. 6.	9,0 – 13,5	340 – 2010
8 Lipiško brezno	9. 6.	14,0	360 – 1160
9 Čebulčna jama	10. 6.	9,5	1090 – 2540
10 Brezno pod pečino	11. 6.	12,5	2260 – 4640
11 Ivačičeva jama	7. 7.		< 200
12 Šolnova jama	28. 9.	9,1	790 – 1340
13 Brezno pri gamsovi glavici	28. 9.	1,7 – 7,0	< 280
14 Osoletova jama	21.10.	9,0 – 10,5	200 – 2340
15 Petnak	27.10.	5,5 – 6,4	4740 – 6480



Abstract

Radon concentrations in air of 15 Slovene Karst caves were determined. The values range from natural background up to about 7000 Bqm^{-3} .

Literatura

1. Kobal, I., Škofljanec, M., Zavrtanik, D.: *Naše jame* **20** (1984) 41
2. Kristan, J., Kobal, I.: *Health Phys.* **24** (1973) 103
3. Wilkening, M.H., Wathins, D.E.: *Health Phys.* **31** (1976) 139
4. Yarborough, K.A.: Proc. Int. Symp. "Natural Radiation Environment III, Houston, Texas 1978, CONF - 780422, **2** (1980) 1371
5. Fernandez, P.L. et al: *Health Phys.* **46** (1984) 445

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. do 13. lipnja 1985.

Franić Z., Maračić M. i Bauman A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

ISPUST TRICIJA IZ VENTILACIJSKOG SISTEMA NUKLEARNE ELEKTRANE
KRŠKO

Sažetak

Nekoliko mjeseci praćena je aktivnost tricija u obliku vodene pare u ventilacijskom sistemu nuklearne elektrane Krško. Tricirana vodena para sakupljana je adsorbiranjem na molekularnim sitima, te analizirana. Aktivnost tricija po kubnom metru ispuštenog zraka manja je od srednje godišnje dopuštene koncentracije za zrak u životnoj okolini (1).

Uvod

Iz svih nuklearnih elektrana dolazi do ispuštanja malog dijela radioaktivnih tvari u okolinu. Naročito je opasan tricij budući da je sastavni dio vode, te ulazi u globalni ciklus kruženja vode u prirodi. Osim toga, tricij je i konstituent organske materije, pa može prouzročiti znatna oštećenja organizma internom kontaminacijom.

Kod nuklearnih elektrana s lakovodnim reaktorom pod pritiskom (PWR) kao što je NEK, do unošenja tricija u okolinu najvećim dijelom dolazi prilikom ispuštanja tekućih otpadaka. O triciju u plinovitim otpatcima postoje ograničene informacije, iako se pretpostavlja da je to manji dio. (2). Gotovo sav tricij oslobođen ispuštanjem plinovitih radioaktivnih otpadaka nalazi se u obliku vodene pare.

Materijal i metoda

Uzorak zraka propušta se kroz kolonu s molekularnim sitima 4A. To su visoko porozni natrijevi ili kalcijevi aluminosilikati s porama molekularnih dimenzija, vrlo velikog adsorptivnog kapaciteta. Adsorbirana vodena para se iz molekularnih sita odstrani destilacijom pod vakuumom. Uzorci vode miješaju se sa scintilacionom tekućinom (aqualuma) neposredno prije početka mjerena aktivnosti. Aktivnost je mjerena na tekućem scintilacionom brojaču ULTROBETA 1210, s niskim osnovnim brojanjem.

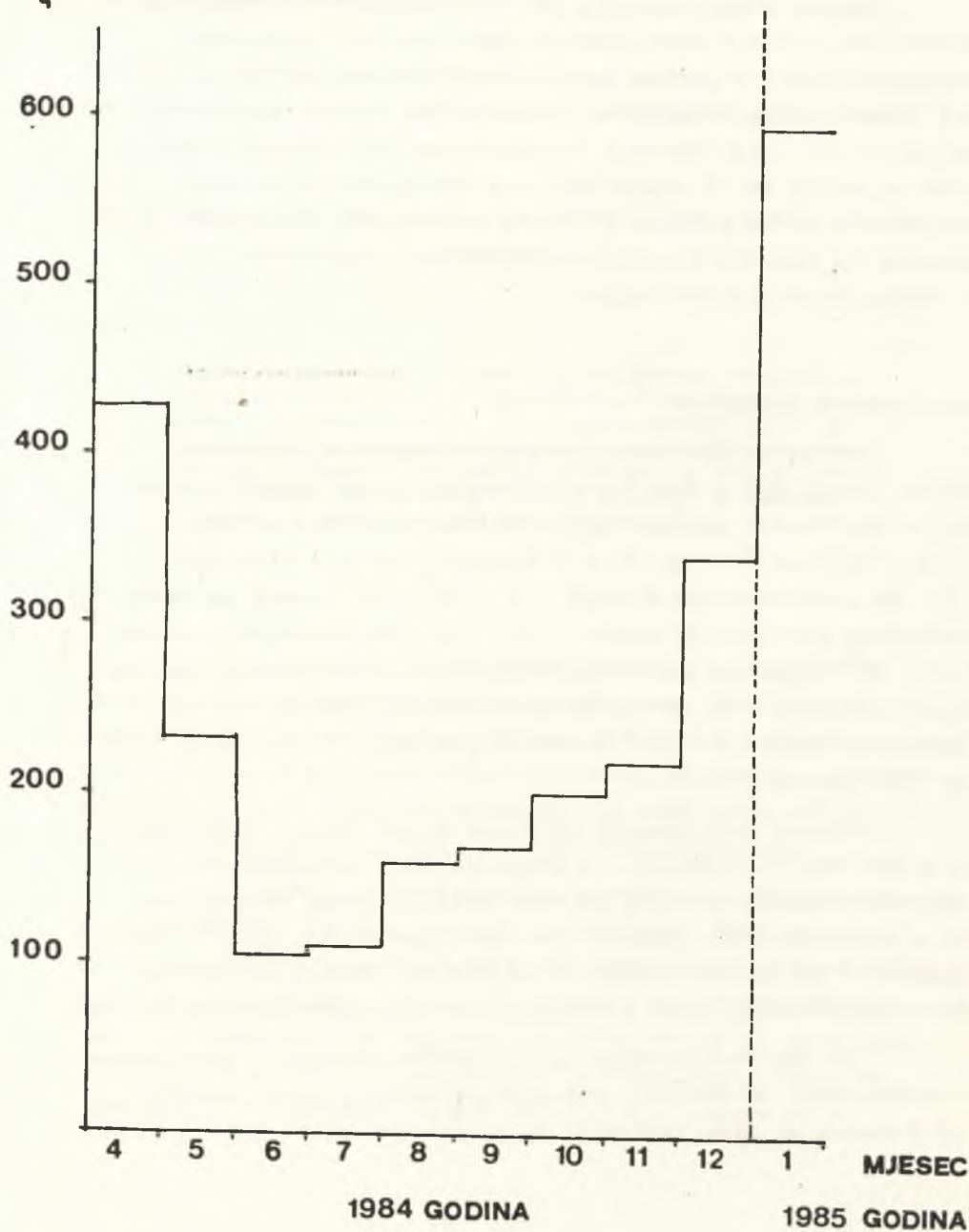
Rezultati i diskusija

Prosječna aktivnost tricija u ispusnim plinovima NEK-a iznosi $256,5 \text{ Bqm}^{-3}$ što je znatno ispod srednjih godišnjih dopuštenih koncentracija za zrak u radnoj okolini ($1,9 \cdot 10^5 \text{ Bqm}^{-3}$) i za zrak u životnoj okolini (630 Bqm^{-3}) (1). Uz prosječno ispuštanje $1,4 \cdot 10^5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ zraka iz ventilacijskog sistema to iznosi $3,15 \cdot 10^{11} \text{ Bq godišnje}$, odnosno $5,0 \cdot 10^8 \text{ Bq/MW(e)}$ godišnje. Prosječno normalizirano ispuštanje tricija za PWR nuklearne elektrane u UNSCEAR reportu iznosi za zrak $7,8 \cdot 10^9 \text{ Bq/MW(e)}$ godišnje za period od 1975 do 1979 godine (3).

Najniže vrijednosti dobivene su za lipanj 1984. godine (106 Bqm^{-3}). U srpnju i kolovozu 1984. godine vršen je redoviti remont. Od tada se može pratiti blagi porast, da bi u siječnju 1985. godine bilo zabilježeno 595 Bqm^{-3} . Treba naglasiti da su ovi podaci za aktivnost tricija po kubnom metru ispuštenog zraka izračunati na bazi jednodnevnnog uzorka.

Ove varijacije mogu se djelomično objasniti promjenama u proizvodnji električne energije odnosno u snazi rada (4), te prestankom rada reaktora za vrijeme remonta.

AKTIVNOST TRICIJU U
 $Bq m^{-3}$ ISPUŠTENOG ZRAKA



Abstract**THE RELEASE OF TRITIUM FROM THE VENTILATION SYSTEM OF
THE NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO**

The control of tritium activity as a moisture in the ventilation system of the nuclear power plant Krško has been carried out for several months. Tritiated water vapour was adsorbed on molecular sieves and subsequently analysed. The activity of tritium per cubic metre of released air was less than the mean annual allowable concentration for air in the environment.

Literatura

1. Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije, SLUŽBENI LIST SFRJ od 13. srpnja 1979.
2. Krieger H.L., Gold S. and Kahn B.: Tritium Releases From Nuclear Power Stations, National Environmental Research Center, Environmental Protection Agency, Cincinnati, OHIO.
3. UNSCEAR, United Nations, New York 1982.
4. Izvještaji o utjecaju NE Krško na okolinu.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13 junij 1985

Korun M., Kobal I., Mohar T., Pucelj B.

Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja, Ljubljana

DOLOČANJE TRITIJA V ZRAKU

Izvleček Za določanje koncentracije tritija v zračni vlagi je bil razvit vzorčevalnik zračne vlage, ki deluje pri pretokih okrog $20 \text{ dm}^3/\text{min}^{-1}$. Vlaga se kondenzira v pasti, ki je hlajena s tekočim dušikom. Voda se izžene iz pasti z evakuacijo skozi hlajeno past. Natančnost rezultatov je boljša od 10 %, meja določljivosti pa 50 Bq/m^3 zraka.

Uvod

Med obrotovanjem nastaja v jedrskih elektrarnah tritij, ki ga oddajajo v okolje s tekočinskimi in plinskimi izpusti. Pri elektrarnah z lakovodnimi tlačnimi reaktorji odpade na plinske izpuste približno 20 % tritija (1). V izpustih je tritij v glavnem vezan na vodo (2).

Mobilna enota jemlje pri rednih obhodih Jедrske elektrarne Krško vzorce zračne vlage iz jedrske elektrarne. Vsebnost tritija se določi naknadno v laboratoriju.

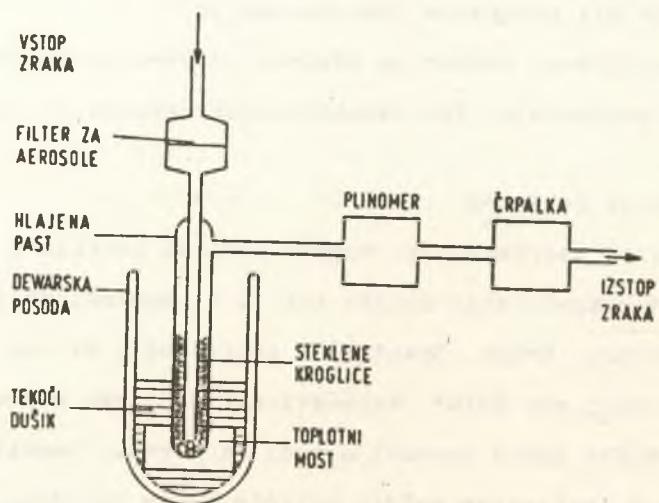
Metoda

Pri izbiri metode in razvoju vzorčevalnika za zbiranje zračne vlage smo upoštevali sledeče pogoje:

- uporabiti je treba čimveč opreme, ki jo Mobilna enota že uporablja pri obhodih
- oprema mora biti lahko prenosljiva in zanesljiva
- čas vzorčevanja mora biti čimkrajši.

Pri obhodih uporablja Mobilna enota črpalko in plinomer za vzorčevanje radioaktivnega joda v zraku, ki deluje pri pretokih okrog $20 \text{ dm}^3/\text{min}^{-1}$, zato smo iskali metodo, ki daje zanesljive rezultate pri tem pretoku. Taka metoda zadovolji tudi zadnji pogoj, saj pri

polurnem črpanju prečrpamo nekaj sto litrov zraka in ulovimo več gramov hlapov. Zračno vlogo lahko zbiramo s kondenzacijo, z izmenjavo z vodo ali pa z absorpcijo v sušilih. Pri tako velikih pretokih, kot jih zahtevamo, zadnji dve metodi ne dajeta zanesljivih rezultatov, ker je zrak premalo časa v stiku z vodo oziroma sušilom. Zato smo izbrali metodo s kondenzacijo hlapov v hlajeni pasti, ki je napolnjena s teklenimi kroglicami. V izdelanem vzorčevalniku (slika 1) hladimo past s tekočim dušikom. Glavna težava, ki se pojavi pri tej metodi je kondenzacija zraka v pasti.



Slika 1. Shematski prikaz vzorčevalnika zračne vlage

Če se zrak v pasti kondenzira, zamaši past in prekine črpanje. Zato je potrebno hladiti past preko toplotnega mostu, ki prepreči kondenzacijo zraka. Po končanem črpanju in potem, ko je past segreta, jo zapremo. Ulovljeno vodo izženemo iz pasti z evakuacijo skozi hlajeno past. Vzamemo okrog $0,5 \text{ cm}^3$ tega kondenzata in ga dodamo v 10 cm^3 tekočega scintilatorja. Tako dobljeno števno mešanico analiziramo v spektrometru beta. Vzorce, standard in ozadje štejemo nekajkrat po 10-20 min v širšem in ožjem kanalu za tritij, s čimer bi lahko ugotovili morebitno prisotnost drugih sevalcev.

Glavni omejitveni faktorji, ki določajo natančnost so:

- natančnost merjenja prečrpanega volumna zraka
- negotovost pri določanju izkoristka pasti.

Merilnik volumna prečrpanega zraka je umerjen z natančnostjo 2 %. Izkoristek pasti smo določili s črpanjem zraka z znano relativno vlažnostjo. Vlažnost smo merili z merilnikom Fuss, ki ima natančnost boljšo kot 10 %. V okviru teh napak se je masa kondenziranih hlapov v pasti ujemala z maso vode v prečrpanem zraku. Domnevamo pa, da je izkoristek pasti boljši od 90 %, ker nismo opazili nabiranja vode ali kristalov ledu za pastjo.

Občutljivost metode je odvisna od prečrpanega volumna, torej od časa vzorčevanja. Pri desetminutnem črpanju je okrog 50 Bq m^{-3} .

Diskusija in povzetek

Razviti vzorčevalnik omogoča meritve tritija v vodnih hlapih v zraku z natančnostjo boljšo kot 10 %. Uporabljen je bil v Jadranski elektrarni Krško. Specifične aktivnosti, ki smo jih izmerili so bile nekaj sto Bq/m^3 . Vzorčevalnik je lahko prenosljiv in ga Mobilna enota lahko uporablja tudi na terenu. Omeniti je treba, da lahko z lovljenjem večjih količin vlage in njeno destilacijo občutljivost metode izboljšamo.

Abstract

In order to measure the concentration of tritium in air a sampler for air moisture was developed, which operates at fluxes approximately 20 l/min. The moisture condenses in a liquid-nitrogen-cooled trap. The water is removed from the trap by evacuation through a cooled trap. The accuracy of the result is better than 10 % and the sensitivity is 50 Bq/m^3 of air.

Literatura

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, United Nations, New York, 1982

2. Weber, H.W., Schüttelkopf, H.: Einfaches Verfahren zur Bestimmung der Tritiumkonzetration in der Luftfeuchte der Fortluftkerntechnischer Anlagen oder in der Umgebungsluft, Kernforschungsamt Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 1983

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. junij 1985

Brajnik D., Korun M., Miklavžič U.

Institut "Jožef Stefan" in Fakulteta za elektrotehniko, Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

ŠTUDIJ TEHNOLOŠKO MODIFICIRANE NARAVNE RADIOAKTIVNOSTI V
OKOLJU S SPEKTROMETRIJO ŽARKOV GAMA

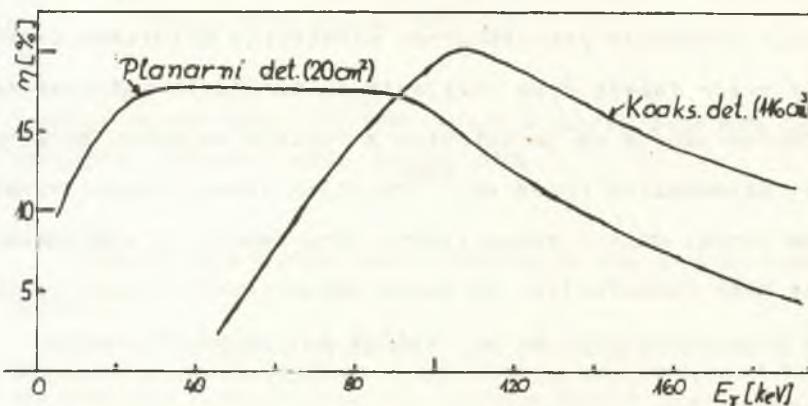
Povzetek Prekoncentracijo naravnih radionuklidov v okolici termoenergetskih objektov, predelavi uranove rude, fosfatov in drugih virov je možno uspešno študirati z Ge-Li spektrometrom, ki ima nizko ozadje. Pri določanju radiotoksičnega Pb-210 je bila dozrešena dovolj nizka spodnja meja z uporabo specialnega planarnega detektorja.

Uvod

V okolici termoenergetskih objektov in pri predelavi različnih mineralov (uranova ruda, fosfati, gradbeni materiali i.t.d.) pride do rekoncentracije naravnih radionuklidov v tolikšni meri, da lahko povzroče signifikantno povečanje doze človeku v delovnem in bivalnem okolju^(1,2,3). V grobem smo lahko ocenili globalen vpliv termoenergetskega objekta⁽²⁾ in predelave fosfatov⁽³⁾ z metodo visoko-čitljivostne spektrometrije gama. Le za oceno eksterne doze gama in koncentracij radona smo uporabili druge metode. Ge-Li spektrometer z visokim izkoristkom in nizkim ozadjem⁽⁴⁾ je dovolj občutljiv za tipične koncentracije U, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra v okolici.

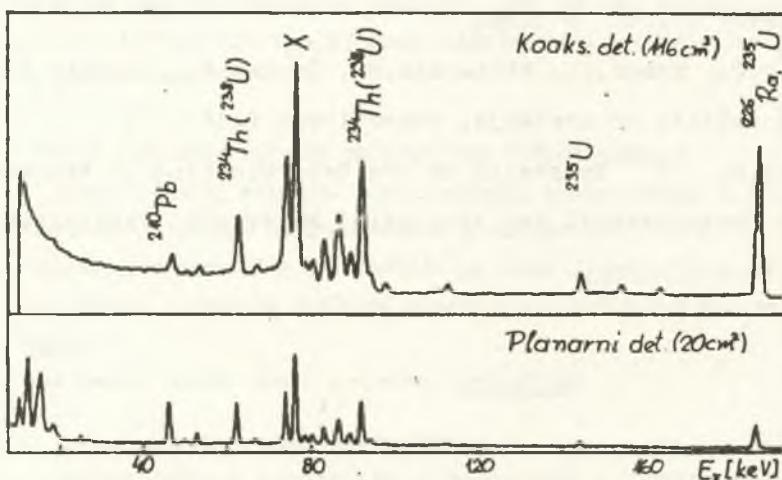
Za zasledovanje močno radiotoksičnega ²¹⁰Pb, ki emitira le nizkoenergijske žarke gama, pa je primernejši planarni germanijev detektor z veliko površino (20 cm²) in Be-okencem.

Na sliki 1 je prikazana primerjava med izkoristkom obeh detektorjev za tanek, diskast vzorec (dimenzije 60 x 1 mm²) v nizkoenergijskem območju, kjer leže črte ²¹⁰Pb, ²³⁴Th(U), ²³⁵U in ²²⁶Ra. Črte radonovih potomcev in ²²⁸Ra(Th) leže više.

S1.1 Izkoristek polvodniških detektorjev za tanek vzorec ($\varnothing 60\text{ mm}$)

Diskusija

Tipičen spekter sedimenta s povečano koncentracijo urana in potomcev je prikazan na sliki 2. Ozadje v nizkoenergijskem delu je pri planarnem detektorju mnogo niže. Zato je planarni detektor 8 x bolj občutljiv od koaksialnega pri določanju ^{210}Pb .



S1.2 Nizkoenergijski spekter sedimenta s povečano koncentracijo urana in njegovih potomcev

Pri določitvi koncentracije urana iz črte pri 63,3 keV je spodnja meja detekcije pri planarnem detektorju približno dvakrat nižja . Za višje ležeče črte radijevih in torijevih potomcev in za voluminozne vzorce pa je detektor z velikim volumnom primernejši za vse radionuklide razen za ^{210}Pb , kjer debeli vzorci zaradi absorpcije žarkov gama v samem vzorcu niso ugodni. S kombinacijo meritve na obeh detektorjih je možno detektirati naravne radio-nuklide v koncentracijah, ki so tipične za vzorce iz okolja.

Abstract

Impact of the technologically enhanced natural radiation near a coal fired plant and other objects was studied by gamma-spectrometry. The radiotoxical ^{210}Pb was determined with higher precision using a big planar detector.

Literatura

1. UNSCEAR Report (1982)
2. Brajnik,D., Kobal,I., Savetovanje "Izlaganje prirodnem zračenju Kragujevac (1984), v tisku
3. Brajnik,D., Kobal,I., Miklavžič,U., Šergan,M., Zbornik XI.jug. simpozija zaštiti od zračenja, Arandelovac (1981), 65
4. Brajnik,D., 4th Symposium on the Determination of Radionuclides in Environmental and Biological Materials, Teddington (1983), Paper No.2

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Lulić S. i Martak M.*

Institut "Rudjer Bošković", OOUR Centar za istraživanje mora Zagreb, Zagreb

*Sveučilišni računski centar, Zagreb, SRCE

PRORAČUN DOZA RADIOAKTIVNOG OZRAČENJA USLIJED RADA TE PLOMIN 1 I 2

SAŽETAK

Dan je proračun ekvivalentnih doza ozračenja pojedinca iz kritične grupe stanovništva i stanovništva u krugu od 50 km uslijed rada TE Plomin 1 i 2. Proračun doza izradjen je na bazi sadržaja urana u pepelu raškog ugljena od 184 ppm i visine dimnjaka od 340 m koristeći kompjuterski program TEDOS.

1. UVOD

Za procjenu doza koju će dobiti pojedinac iz kritične grupe i ukupno stanovništvo uslijed rada TE Plomin 1 i 2 poslužili su podaci za ispuš radionuklida u atmosferu ("source term") (1) sačinjen na bazi sadržaja urana u pepelu od 184 ppm, meteoroloških podataka (2) (Model rasprostiranja SO_2 oko TE Plomin 1 i 2, RHMZ), podataka o broju stanovnika u radijusu od 50 km (Urbanistički Institut Hrvatske), te proizvodnje i izvora hrane (povrće, meso i mlijeko).

Pri proračunu korišten je kompjuterski model TEDOS razradjen na osnovi regulative američke nuklearne komisije (NRC, Nuclear Regulatory Commission) (3,4,5,6,7). Ovaj računski program uvažava ALARA kriterij (As Low As Reasonably Achievable).

2. PUTEVI OZRAČENJA ČOVJEKA USLIJED RADA TERMOELEKTRANE

Postoje četiri kritična puta ozračenja stanovništva, a to su:

- direktno ozračenje od uronjenosti u radioaktivni oblak,
- udisanje radionuklida iz onečišćenog zraka (inhalacija),
- izloženost direktnom zračenju površine kontaminirane zemlje (vanjsko ozračenje) i
- izloženost putem lanaca prehrane (ingestija).

2.1. Ukupna godišnja individualna doza

Ukupna godišnja individualna doza za organ o pojedinca iz starosne grupe g za sve puteve ozračenja jednaka je:

$$D_{\text{og}}(\text{ukupna}) = D_o(\text{inh.}) + D_o(\text{vanjsko}) + D_{\text{og}}(\text{ing.})$$

- gdje je: D_{og}^P (ukupna) - ukupna godišnja doza za organ o koju primi pojedinač iz starosne grupe g ($\mu\text{Sv/god}$),
- D_o^P (inh.) - ukupna godišnja doza putem inhalacije za organ o ($\mu\text{Sv/god}$),
- D_o^P (vanjsko) - ukupna godišnja doza putem vanjskog ozračenja za organ o ($\mu\text{Sv/god}$),
- D_{og}^P (ing.) - ukupna godišnja doza putem konzumiranja poljoprivrednih proizvoda, lisnatog povrća, mesa i mlijeka za organ o i pojedinca iz starosne grupe g ($\mu\text{Sv/god}$).

2.2. Populacijska doza ozračenja

Ukupna populacijska doza za sva tri moguća puta ozračenja jednaka je:

$$D_{og}^P = D_o^P(\text{inh.} + \text{vanjsko}) + D_{og}^P(\text{ing.})$$

- gdje je: D_{og}^P - ukupna populacijska doza za organ o, starosnu grupu g (čovjek-Sv),
- $D_o^P(\text{inh.} + \text{vanjsko})$ - populacijska doza i vanjskog ozračenja (čovjek-Sv), i
- $D_{og}^P(\text{ing.})$ - populacijske doze uslijed ingestije za organ o i starosnu grupu g (čovjek-Sv)

3. REZULTATI

Računski program TEDOS koristi za računanje individualnih i ukupnih populacijskih doza zračenja u okolini termoelektrane. Individualne doze zračenja računa se za sve starosne grupe, dok se ukupna populacijska doza računa uzimajući u obzir prosječnu starosnu grupu. Individualna i populacijska doza računa se za sve radionuklide ispuštene u atmosferu, sve kritične puteve (vanjsko ozračenje zbog uranjanja u oblak i kontaminacija tla, unutarnjeg ozračenja unošenjem kontaminirane hrane, mesa i mlijeka i unutrašnje ozračenje inhalacijom) i za osam organa (čitavo tijelo, probavni trakt, kosti, jetra, bubrege, štitnjaku, pluća i kožu).

Rezultati ekvivalentne doze za pojedinka iz kritične grupe stanovništva i ukupnog stanovništva dani su u priloženoj Tabeli.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovi sprovedenih proračuna doza na bazi godišnjih ispuštanja (Proračun emisije radioaktivnih elemenata i teških metala na osnovi mjerjenja koncentracije u pepelu, zraku i vodi, Institut "Rudjer Bošković", OOUR Fizika, energetika i primjena, Zagreb, 1984), meteoroloških mjerjenja (Model rasprostiranja SO_2 oko TE Plomin 1 i 2, RHMZ SR Hrvatske, Zagreb 1984) i na osnovi podataka o stanovništvu (Urbanistički Institut Hrvatske, Zagreb 1984) možemo zaključiti slijedeće:

1. Primljena doza direktno je proporcionalna sadržaju urana u pepelu.
2. Primljena doza direktno je proporcionalna efikasnosti filtera.
3. Visina dimnjaka od 340 m neznatno utječe na smanjenje primljene doze uslijed ispuštanja radionuklida u atmosferu na visini dimnjaka od 300 metara.
4. Maksimalna individualna doza izračunata sa sadržajem od 184 ppm urana u pepelu, efikasnosti filtra od 1% ne premašuju dozvoljenu zakonsku granicu ozračenja pojedinca.
5. Primljena doza razmatrana za sve moguće puteve ozračenja (uranjanje u oblak, kontaminacija tla, inhalacija, ingestija) potječe od puta ozračenja putem ingestije, ostali vidovi ozračenja mogu se zanemariti.

5. ABSTRACT

With respect to the work of the thermal plant PLOMIN 1 and 2 an estimate has been made for equivalent radiaiton doses of individuals in the critical group of the population and the population in the range of 50 km.

Using the TEDOS computer program doses have been calculated based on the uranium content in the Raša coal ash of 184 ppm and the height of the plant's chimney of 340 m.

LITERATURA

- (1) IRB, OOUR Fizika, energetika i primjena, Proračun emisija radioaktivnih elemenata i teških metala na osnovi mjerenja koncentracija u pepelu, zraku i vodi (1984).
- (2) RHMZ SR Hrvatske. Model rasprostiranja SO_2 oko TE Plomin 1 i 2 (1984).
- (3) Regulatory Guide 1.109, Calculation of annual doses to man from routine releases of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10 CFR part 50, Appendix I (1976).
- (4) Regulatory Guide 1.111. Methods for estimating atmosphere transport and discussion of gaseous effluents in routine releases from Light-water-cooled reactor (1977).
- (5) Regulatory Guide 3.51. Calculational models for estimating radiaiton doses to man from airborne radioactive materials resulting from uranium milling operations (1982).
- (6) NUREG - 0706, Final generic environmental impact statement on uranium milling (1980).
- (7) Environmental Protection Agency. Environmental radiation dose commitment on application to the Nuclear Power Industry (1974).
- (8) Službeni list SFRJ 27/77.

TABELA Ekvivalentna doza za odraslog pojedinca iz kritične grupe stanovništva ($\mu\text{Sv/god}$) i populacijska doza (čovjek - Sv) zbog rada TE Plomin 1 i 2

$$(3,83\text{E}-3^* = 3,83 \times 10^{-3})$$

Put ozračenja	O r g a n					Pluća
	Čitavo tijelo	Probav. trakt	Kosti	Jetra	Bubreg	
Vanjsko ozračenje	$3,83\text{E}-3^*$ za sve organe 31(^{226}Ra) i 32(^{230}Th)					
	$7,45\text{E}-5$ za sve organe					
Inhalacija	1,24E-2 45(^{226}Ra)	7,06E-5	2,15E-1 68(^{230}Th)	1,27E-2 64(^{230}Th)	5,75E-2 70(^{230}Th)	1,11E-1
	4,06E-3	5,23E-5	6,60E-2	3,97E-3	1,70E-2	3,48E-2
Ingestija - povrće	8,17E-0 84(^{226}Ra)	3,93E-2	1,16E+1 77(^{226}Ra)	4,23E-1 87(^{210}Pb)	1,24E+0 84(^{210}Pb)	
	2,45E-1	9,25E-4	3,59E-1	1,61E-2	4,89E-2	
- meso	1,41E-1 85(^{226}Ra)	1,95E-1	1,40E-2 89(^{226}Ra)	4,87E+0 82(^{210}Po)	7,95E-2 80(^{210}Po)	
	7,32E-1	8,51E-1	7,68E+0	2,66E-1	3,22E-1	
- mlijeko	4,20E-0 85(^{226}Ra)	6,04E-3	5,32E+0 88(^{226}Ra)	1,57E-2 93(^{226}Ra)	4,77E-2 86(^{210}Po)	
	2,51E-1	2,98E-4	3,15E-1	1,19E-3	3,77E-3	
UKUPNO	2,65E+1	1,95E+1	1,57E+2	5,32E+0	1,43E+0	1,15E-1
	1,23E+0	8,52E-1	8,42E+0	2,87E-1	4,02E-1	3,48E-2

Napomena:

- prvi red u Tabeli- ekvivalentna doza za odraslog pojedinca iz kritične grupe
- drugi red u Tabeli- procentualni doprinos za ekvivalentnu dozu za odraslog pojedinca iz kritične populacije
- treći red u Tabeli- populacijska doza

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Slićević A., Krajcar-Bronić I. i Hernaus E.
Institut Ruder Bošković, Zagreb

**KONTAMINACIJA UZORAKA VODE PRI MJERENJU NISKIH
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI TRICIJA**

SAŽETAK: U laboratorijima gdje se mjeri uzorci voda niskih koncentracija aktivnosti tricija treba paziti da ne dođe do kontaminacije uzoraka tricijem umjetnog porijekla, što se može desiti prilikom uzimanja, transporta i uskladištenja uzoraka ili prilikom pripreme za mjerjenje u laboratoriju. Opasnost od kontaminacije može se smanjiti ako se uzorci i kemikalije pohranjuju u dobro začepljениm staklenim bocama, ako se iz laboratorija uklone svi mogući izvori kontaminacije, te ako se redovito kontrolira koncentracija aktivnosti tricija u zraku laboratorija.

Uzorci voda za mjerjenje koncentracije aktivnosti tricija mogu se kontaminirati prilikom uzimanja na terenu, pri prenošenju u laboratorij, za vrijeme uskladištenja, te prilikom pripreme u laboratoriju (1,2). Izvori kontaminacije su nepredvidivi, ali se njihov utjecaj može smanjiti, pa čak i zanemariti, ako se pravilnim postupcima sprijeći kontaminacija uzorka.

Kontaminacija uzorka vode pri uzimanju na terenu obično je izvan kontrole laboratorijskog osoblja, pa treba terensko osoblje upoznati s načinom rada. Uzorke vode treba stavljati u staklene boce s plastičnim čepom, dok su plastične boce manje pouzdane zbog difuzije vode kroz stijenke posude.

Kemikalije, ulje u vakuumskim sisaljkama i stakleno posude, česti su izvori kontaminacije u laboratoriju. Kemikalije treba nabavljati od proizvodača koji garantira da ne sadrže tricija, a svaku novu pošiljku treba provjeriti i čuvati dobro zatvorenu. Naročitu pažnju treba obratiti čistoći staklenog posuda i staklenih dijelova uredaja za pripremu koji su bili na obradi kod stakloputača, naročito ako u istoj ustanovi postoje akceleratori i uredaji za proizvodnju teške vode.

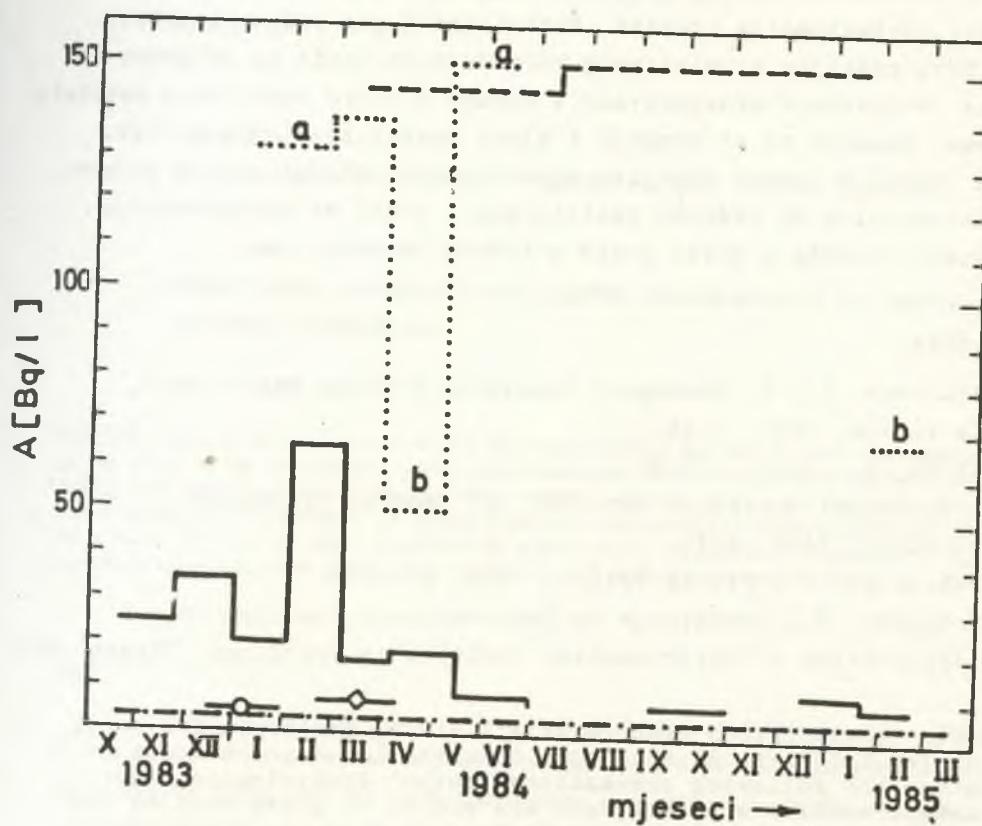
Česti izvori kontaminacije tricijem u laboratoriju su satovi

s luminiscentnim brojčanicima. Zbog toga satove laboratorijskog osoblja treba provjeriti odlaganjem preko noći kraj zatvorene posude s "mrtvom" vodom, tj. vodom koja ne sadrži tricija, te mjerenjem koncentracije aktivnosti vode utvrditi da li je sat mogući izvor kontaminacije.

Najbolji način za kontrolu kontaminacije u laboratoriju je mjerjenje koncentracije aktivnosti tricija u vlazi zraka u laboratoriju i uspoređivanje s koncentracijom tricija u oborinama. Smatra se da koncentracija tricija u vlazi zraka ne smije prijeći trostruku koncentraciju aktivnosti tricija u oborinama (3).

U Laboratoriju za mjerjenje niskih aktivnosti Instituta Ruder Bošković mjeri se koncentracija aktivnosti tricija u vodama već desetak godina (4). Uzorci se čuvaju i pripremaju u prizemnim prostorijama, a aktivnost se mjeri proporcionalnim brojačem smještenim u podrumu jednokatne zgrade. Redovita kontrola laboratorijskog zraka provodi se od 1983. godine. Oko 500 ml "mrtve" vode izloži se u otvorenoj posudi laboratorijskoj atmosferi. Isparavanje vode proporcionalno je vlazi i temperaturi zraka. Kada se volumen vode smanji na petinu početnog, količina apsorbiranog tricija u vodi približno je jednaka koncentraciji tricija u vlazi zraka (5).

Koncentracija tricija u zraku u prostorijama za pripremu uzraka, nešto je viša od koncentracije u atmosferi (Sl. 1.), ali ne prelazi dozvoljenu granicu, s iznimkom nekoliko zimskih mjeseci kada je ventilacija prostorija znatno smanjena. Znatno povećana koncentracija tricija u zraku podrumskih prostorija, posljedica je kontaminacije izotopima koji su tu bili uskladišteni. Međutim, u podumske prostorije stižu uzorci pripremljeni za mjerjenje u zatvorenim metalnim rezervoarima, tako da se može isključiti mogućnost kontaminacije. Ventilacijom prostorija koncentracija tricija u zraku se znatno smanjuje. Budući da je uredaj za mjerjenje starosti pomoću ¹⁴C bio niz godina smješten u Zavodu za fiziku Veterinarskog fakulteta, izmjerena je koncentracija aktivnosti tricija u vlazi i u tim prostorijama i ustanovljeno je da odgovara koncentraciji u atmosferi.



Slika 1. Koncentracija aktivnosti tricija u vlaži zraka u Laboratoriju za mjerjenje niskih aktivnosti (—), u prostoriji s proporcionalnim brojačem (....., a: bez ventilatora, b: uz uključen ventilator), u podrumskim prostorijama Instituta (---), na Veterinarskom fakultetu (—○—) i u privatnom stanu u centru Zagreba (—◇—), te prosječna godišnja koncentracija aktivnosti tricija u oborinama Zagreba (—·—).

U Laboratoriju su poduzete i druge mјere opreza kako bi se izbjegla kontaminacija uzoraka. Kontrolirali smo satove osoblja, svaku novu pošiljku aluminijevog karbida koji služi za pripremu uzoraka za mјerenje provjeravamo i čuvamo u dobro zatvorenim metalnim posudama. Redovno se pripremaju i mјere uzorci bez tricija (tzv. "mrtva voda") a uzorci sumnjivo visoke aktivnosti se ponovo pripremaju. Prostorije se redovno ventiliraju i prati se koncentracija aktivnosti tricija u vlazi zraka u radnim prostorijama.

LITERATURA:

1. Schotterer, U., H. Oeschger: Low-level Tritium Measurement, IAEA Vienna, 1981, 7-16.
2. Frölich, K.: ibid., 17-30.
3. ... Technical Procedure Note No. 19, Isotope Hydrology Laboratory, IAEA, 1976.
4. Horvatinčić, N.: Fizika 12(S2), 1980. 201-218.
5. Florkowski, T., predavanje na International Training Course on Application of Environmental Isotopes in Hydrology, Vienna 1983.

ABSTRACT: Contamination problem is a limiting factor in low-level tritium laboratories. At the Ruder Bošković Low-level tritium laboratory the following precautions against contamination have been taken: samples and chemicals are stored in glass bottles and their exposure to the atmosphere is kept at minimum. Every new batch of aluminium carbide is tested. Before sample preparation carbide is outgassed at 400°C. Samples of dead water are regularly prepared and checked for tritium activity. Laboratory staff watches are controlled and laboratory air moisture is checked for tritium activity every month. Tritium concentration in our laboratory atmosphere was below critical level, except for a few winter months in 1983. In the basement where the proportional counters are located, tritium concentration is much higher. Tritium concentration in air can be significantly lowered, by an adequate ventilation of laboratory premises.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Vertačnik A., Lulić S.

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

**ODREĐIVANJE KONCENTRACIJSKIH FAKTORA MIKROELEMENATA NA POVRŠINAMA
SEDIMENATA METODOM NAA**

SAŽETAK Ispitivanje koncentracije mikroelemenata na površinama sedimenata imalo je za cilj da se odrede prirodno uspostavljeni koncentracijski faktori na litološki karakterističnim materijalima: humusu, glini, praporu i pijesku s različitim lokacijama. Vrijednosti CF potencijalnih radionuklida-mikroelemenata kreću se od $1-10^3$, a ovise o vrsti litološkog materijala, specifičnoj površini, KIK, te o karakteristikama voda su u kontaktu s ispitivanim sedimentima.

UVOD

Ispitivanje distribucije radionuklida odnosno mikroelemenata između čvrste faze i vode jedan je od značajnih parametara za procjenu puteva sudsbine radionuklida ispuštenih pri radu nuklearnih centrala. Sorpcijsko-desorpcijske karakteristike hidrogeološke zone među ostalim ovise i o koncentracijskim faktorima radionuklida na litološki karakterističnim materijalima, kao što su: humus, glina, prapor, pijesak. Ovi materijali već sadrže mikroelemente vezane na "ovojnici" čestica, tako da su uspostavljeni prirodni koncentracijski faktori između sedimenata i vode. Poznavanje koncentracije mikroelemenata u "ovojnici" neophodno je, pošto se sorpcijsko-desorpcijski procesi odvijaju uglavnom na površinama, a ne u matrici sedimenta.

EKSPERIMENTALNI DIO

Sadržaj mikroelemenata u površinskom sloju odredili smo na geološkom materijalu s tri lokacije (Tablica 1). Uzorcima materijala određen je kationski izmjenjivački kapacitet (KIK), specifična površina (BET-metodom), te izvršena semikvantitativna mineraloška analiza. Također je izvršena NAA podzemnih voda odnosno savske vode (Tablica 2).

Tablica 1. Karakteristike ispitivanog geološkog materijala

Uzorak	spec. pov. m ² /g	KIK meq/100 g
1. Nezagadjeno hidrogeološko područje		
1.A - humusni površinski materijal	20,3	18,85
1.B - glinovit silt u vodonosnom sloju	16,0	9,77
1.C - prapor	11,9	6,94
1.D - pjesak i silt u vodonosnom sloju	9,0	11,14
2. Pjesak iz vodonosnog sloja crpilišta pod utjecajem rijeke		
	9,4	17,54
3. Pjesak iz korita rijeke		
	4,2	17,72

Koncentracije mikroelemenata na površinama sedimenata određivane su ne-destruktivnom NAA otparenog ostatka 0,1 dm³ 0,5 N otopine NH₄Cl koja je bila u ravnoteži s 20 g sedimenta tokom 24 sata. Ovo je uobičajena metoda za određivanje izmjenljivih kationa s površinama sedimenata (1), s tim da se rezultati daju samo za Ca, Mg, Na i K. Pošto se zajedno s ovim kationima ispiru i mikroelementi, izvršili smo neutronsku aktivacionu analizu NH₄Cl. Iz gama spektara dobivenih mjerenjem ozračenih uzoraka na sistemu Ge(Li) detektor - 4096 kanalni analizator izračunali smo koncentracije mikroelemenata na površinama sedimenata, koristeći relaciju:

$$T_{\text{sed}} = \frac{A_u \times T_{\text{st}} \times M_{\text{st}} \times a}{A_{\text{st}} \times T_u \times M_{\text{sed}}}$$

gdje je:
 T_{sed} - težina mikroelementa na sedimentu (g/kg)
 A_u i A_{st} - aktivnost mikroelementa u uzorku (u) i standardu (st) (Bq)
 T_u i T_{st} - težine ozračenog uzorka i standarda (g)
 M_{st} - težina mikroelementa u standardu Soil-5 prema certifikatu NBS, Washington, USA (g/g)
 M_{sed} - težina sedimenta (kg)
 a - težina otparnog ostatka 0,1 dm³ otopine NH₄Cl nakon ravnoteže (g).

Prirodno uspostavljeni CF mikroelemenata izračunati su na osnovu formule:

$$CF = \frac{\text{konz. mikroelemenata na sedimentu (g/kg)}}{\text{konz. mikroelemenata u vodi (g/dm}^3)}$$

Tablica 2. Koncentracija i koncentracijski faktori na ispitivanim lokacijama prema Tablici 1.

Element	Podzem. voda (1)	1A	1B	1C	1D	Podzem. voda (2)	2	Riječna voda (2,3)	3
Sc	4,79E-09*	1,26E-06** 263	5,18E-08 11	1,39E-07 29	3,90E-08 8	2,13E-09		3,3E-08	3,20E-08 1
Cr	2,17E-05	1,30E-04 6		6,61E-05 3	7,46E-05 3	6,29E-09		3,9E-06	3,33E-05 9
Fe	2,90E-05	6,49E-03 224	8,45E-04 29	1,53E-04 5	3,37E-04 12	1,01E-05		5,7E-05	1,07E-03 19
Co	1,04E-06	4,27E-06 4	1,03E-05 10	5,62E-06 5	1,06E-06 1	4,11E-08		5,7E-08	3,30E-06 58
Zn	7,32E-07	2,19E-05 30	7,33E-05 100	2,53E-05 35	2,66E-05 36	1,72E-06	8,38E-04 487	1,2E-05	7,33E-04 8
Rb	1,40E-07	5,75E-04 4107	2,12E-04 1514	5,53E-04 3950	4,19E-04 2993	3,86E-07	2,88E-04 745	1,7E-06	3,68E-04 219
Sr	1,36E-06	8,15E-06 6	1,66E-05 12	1,08E-05 8	1,42E-05 10	2,85E-04	4,55E-03 16	1,2E-04	6,85E-03 57
Ag	6,42E-06	2,22E-05 3	1,26E-03 196	8,92E-04 139	1,28E-03 199				
Cs	1,09E-08	1,10E-05 1009	5,21E-06 478	2,68E-05 2460	1,45E-05 1330	5,02E-08	1,27E-04 2528	4,0E-08	2,42E-05 8257
Ba	1,30E-04	1,25E-02 96	1,72E-02 132	1,49E-02 115	1,43E-02 110	1,14E-04	1,19E-01 1048	1,3E-04	1,24E-02 95

Napomena: * - koncentracija u (g/dm^3) ili u (g/kg); ** - vrijednost koncentracijskog faktora

REZULTATI I DISKUSIJA

Koncentracije mikroelemenata na površinama geoloških materijala i odgovarajući koncentracijski faktori navedeni su u Tablici 2. Utvrđeno je da postoji linearna veza između koncentracije i specifične površine, te slabije izražena veza s KIK, što je u skladu s literaturnim rezultatima (1). CF za Sc, Cr, Fe i Ag na humusnom površinskom materijalu razlikuju se od CF u podzemnim slojevima, što je vjerojatno rezultat djelovanja atmosferilija, i izraženih sorpcijskih sposobnosti humusa. Usporedba koncentracijskih faktora za nezagadjena hidrogeološka područja (lokacije 1 i 2) sa CF za lokaciju u koritu rijeke (3) ukazuje na već izvršeno deponiranje mikroelemenata na sedimente u riječnom koritu, što je povoljno sa stanovišta pročišćavanja voda. Pri nepovoljnim hidrokemijskim uvjetima može doći do remobilizacije vezanih mikroelemenata-radionuklida, odnosno do promjene koncentracija na površinama sedimenata (2). Ukoliko se želi napraviti proračun prijenosa zagadjivača za određenu hidrogeološku zonu potrebno je među ostalim poznavati i koncentracije mikroelemenata u "ovojnici" čestica sedimenta.

SUMMARY Microelemental concentrations were determined on sediment particle surfaces by using the NAA of 0.5 N NH_4Cl dry residue after equilibration with selected geological material: humus, clay, silt and fine sand. Natural concentration factors for microelements-potential radionuclides range from 1- 10^3 , and depend on the kind of material, its specific surface, CEC and water chemical characteristics.

LITERATURA

1. Duursma, E.K.: Theoretical, experimental and field studies concerning reactions of radioisotopes with sediments and suspended particles of the sea, IAEA RTIS, No. 32, 1972, 13.
2. Elaborat "Istraživanje utjecaja NE Krško na radioaktivno zagajenje podzemnih voda i vode rijeke Save", CIM, IRB, 1983, 234.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10. - 13. lipnja 1985.

Mihailović M., Kobal I., Mohar T., S. Meden

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, Ljubljana

TRITIJ U VODAMA NA KRŠKOM POLJU U OKOLINI NE KRŠKO

Abstrakt

Merenja koncentracije H-3 u vodama na Krškom polju, u toku tri godine rada NE Krško, pokazuju nihanja mesečnih rezultata, pri čemu su maksimalne izmerene koncentracije H-3 u površinskim i podzemnim vodama ispod koncentracije H-3 koje smo izmerili u podzemnim vodama na Krasu 1978. Navedeni su rezultati dosad napravljenih studija o režimu i dinamiki podzemnih voda te izkazane potrebe po dodatnim studijama.

Uvod

Po podatcima iz literature¹⁾, najveće doze (normalized Collective Effective Dose Equivalent Commitment ($\frac{\text{person-rem}}{\text{GW(e)-yr}}$) od plinskog ispuštanja radionuklida PW reaktora dolaze od H-3 i C-14, preko ingestije. Najvažniji radioiod je I-131, a glavni partikulati koji utiču preko prehranbenog lanca i direktno od depozicije na zemlju su Co-60, Cs-134, Cs-137 i Sr-90. Od tekućeg ispuštanja radionuklida najveće doze dolaze od H-3.

Poznato je, da se celokupna doza od ispuštanja radionuklida iz PW reaktora može adekvatnim merama da smanji²⁾.

Merenje H-3 u padavinama te u površinskim i podzemnim vodama su sistematski vršena od početka rada nuklearne elektrarne³⁾. Uzorci (zbir dnevnih uzoraka) površinske vode kod Brežica, uzorci podzemnih voda (jednodnevni uzorak) i uzorci padavina analizirani su posečno. Površinska i podzemna voda kod Krškog je analizirana tromeščeno.

Hidrološka merenja podzemnih voda na području Krškog polja su vršena u predpogonskom i pogonskom periodu. Obrane rezultata merenja

napravljene su samo parcialno. Pojedini rezultati i zaključci u nekim elaboratima se bitno razlikuju. Različita mišljenja postoje takođe o režimu podzemnih voda, njene dinamike i stepena povezanosti sa rekom Savom⁴⁾.

Napravljen je matematični model koji predviđa koncentracije radio-nuklida u funkciji vremena i longitudinalne koordinate reke Save. Predložene koncentracije po modelu nisu eksperimentalno proverene. Vršena su eksperimentalna merenja koeficijenata longitudinalne i lateralne disperzije na osnovu merenja brzine širenja boje iz točkastog izvora. Dobijene vrednosti (za lateralni disperziski koeficijent) odgovaraju vrednosti po modelu, druge su više za dva reda veličine⁵⁾.

Rezultati

Mesečne koncentracije H-3 u Savi kod Brežica variraju u toku godine, pri čemu je, napr. u 1984 godini odnos između minimalne i maksimalne koncentracije H-3 bio faktor 2. Mesečne koncentracije H-3 u podzemnim vodama takođe variraju. Srednje godišnje koncentracije H-3, za zadnje tri godine, su u većini uzorčevalnih mesta ostale na istom nivou.

Maksimalne koncentracije u površinskim i podzemnim vodama su ispod nivoa aktivnosti H-3 podzemnih voda koje smo izmerili na području Krasa u 1978 godini⁵⁾.

Primećujemo povremeno povećanje H-3 u padavinama.

Zaključak

S obzirom na relativno veliki doprinos tritija celokupnoj dozi od tekućih ispuštanj radionuklidov, u našem opširnijem izlaganju ćemo se zadržati na interpretaciji dobijenih rezultata sa stanovišta režima podzemnih voda te njene dinamike i povezanosti sa rekom Savom. Uz to ćemo rezimirati potrebe sa daljim študijama koje bi

omogućile pouzdanu interpretaciju rezultata kao i mogučnost predikcije koncentracija u slučaju nezgoda.

Literatura

1. UNSCEA Report 1982, United Nations
2. Willis A. Charls, Public Radiation Exposure from Nuclear Power Plants... "Environmental Radiation 85" Proc. of VIII Topical Symp. Colorado Spring 1985
3. Meritve radioaktivnosti v okolini NEK, DP 3094 i DP 3472
4. SEPO - BK - SP - MS/83 Ocena vplivov NE Krško na okolje po enoletnem poskusnem obratovanju
5. I.Kobal, et al Meritve radioaktivnosti in nekaterih kovin in arzena v vodah na območju Krasa. IJS D.P. 1595

Abstract

H-3 concentration measurements in surface and underground water during three years of operation of nuclear power plant Krško have shown that maximum H-3 concentrations are below H-3 concentrations measured in underground water in Kras Region in the year 1978. It has been suggested that additional studies of underground water dinamics are needed.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. do 13. lipnja 1985.

Franić Z. i Bauman A.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

RADIOAKTIVNOST JADRANSKOG MORA OD 1963. DO 1983. GODINE

Sažetak

Dvadeset godina praćena je radioaktivna kontaminacija Jadranskog mora. Omjer aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr iznosi 1,57. Aktivnost morske vode sljedi aktivnost padavina sa zakašnjenjem od oko godinu dana. Kontaminacija prirodnim radionuklidima odgovara podacima za ostala mora. Koncentracija ostalih radionuklida je zanemariva.

Uvod

Volumen vode u oceanima je ogroman, te mogućnost radioaktivne kontaminacije na globalnom planu jedva postoji. Kod izoliranih mora (Jadran) radioaktivnost može doseći i viši nivo. Dinamiku vode jadranskog bazena u znatnoj mjeri određuju njegove geomorfološke karakteristike (uski duguljasti oblik, mala dubina, vrlo izražene kontinentalne karakteristike). Budući da more sakuplja svu aktivnost koja nije fiksirana u tlu, opasnost od radioaktivne kontaminacije Jadran je stalno prisutna, pogotovo zbog eventualnog razvijanja nuklearne industrije s obje strane Jadranskog mora.

Materijal i metoda

Uzorci morske vode sakupljaju se na udaljenosti 3 km od obale, na dubini od 0,5 metara. Uzima se 200 litara mora.

Za određivanje ^{90}Sr i ^{137}Cs korištene su taložne metode opisane ranije (3). Radioaktivnost uzorka ^{90}Sr izmjerena je G.M. brojačem, a ostalih radionuklida na Ge(Li) detektoru povezanim s 1024 kanalnim analizatorom.

Rezultati i diskusija

^{90}Sr kao potencijalno najopasniji radionuklid sistemske je mjerena od 1963. godine u morskoj vodi i padavinama duž obale Jadrana.

^{137}Cs i neki drugi radionuklidi, uglavnom fisioni proizvodi praćeni su povremeno.

Radioaktivne padavine utječu na aktivnost morske vode sa zakašnjnjem od oko godinu dana (slika). Zabranu nadzemnih nuklearnih eksplozija dovodi do postepenog pada aktivnosti. Krajem sedamdesetih godina dolazi do manjeg porasta aktivnosti u padavinama i u moru zbog kineskih nuklearnih eksperimenata. Od tada koncentracije ^{90}Sr i ^{137}Cs opadaju, te su u 1983. godini najniže.

Veća aktivnost ^{90}Sr u proljetnim uzorcima vode u odnosu na jesenske, može se interpretirati uobičajenim proljetnim porastom aktivnosti ^{90}Sr u padavinama prouzročenim meteorološkim fenomenima.

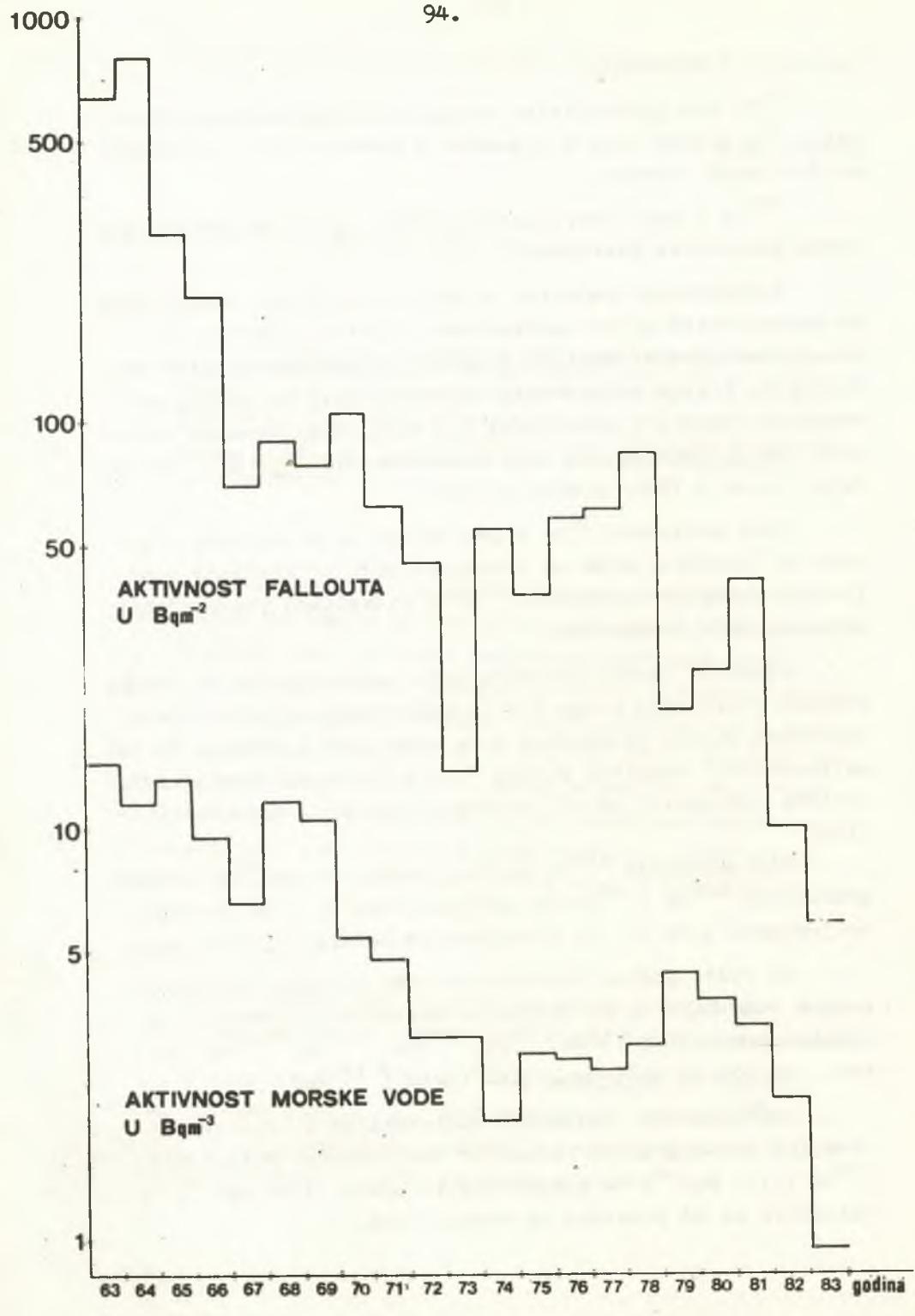
Sjeverni Jadran pokazuje veću kontaminaciju od južnog Jadrana vjerojatno stoga što je pritjecanje slatke vode u sjevernom dijelu Jadranskog mora veće nego u južnom. Tu je najznačajniji doprinos rijeke Po u koju se slijevaju radioaktivne padavine i ostali nuklearni otpad iz sjeverne Italije.

Kontaminacija ^{137}Cs slijedi rezultate za ^{90}Sr . Omjer aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr je definiran kao 1,57 te je blizu vrijednosti 1,60 (4, 5) utvrđene za ostala svjetska mora.

Od 1983. godine redovito se vrši gamaspektrometrija morske vode kako bi se ispitala kontaminacija ostalim fizijskim produktima (^{54}Mn , ^{95}Sr , ^{106}Ru , ^{125}Sb , ^{144}Ce) isto kao i prirodnim radionuklidima (uran i ^{226}Ra).

Koncentracije pojedinih radionuklida su ili zanemarive ili ispod granice detekcije instrumenta. Aktivnosti ^{226}Ra ($1,70 \text{ Bqm}^{-3}$) te koncentracija urana ($3,40 \text{ mgm}^{-3}$) ne razlikuje se od podataka za ostala mora.

94.



^{90}Sr U FALLOUT-U I U JADRANSKOM MORU

Literatura

1. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji: RBIO 1962.-1977., Beograd.
2. Rezultati mjerena radioaktivnosti životne sredine u SR Hrvatskoj 1977.-1983., Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb.
3. Bauman A., Juras M.: Neke brze i jednostavne metode za određivanje radioaktivne kontaminacije mora sa Sr-90 i Cs-137.
4. Kupferman, S.L., Livingston, H.D., Brown, V.T.: Marine Res., 37 (1979) 157.
5. Technical Rep. Ser. 177: Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms and Ecosystems, IAEA Vienna (1976).

Abstract

RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE ADRIATIC SEA

The control of radioactive contamination of the Adriatic Sea has been carried out for twenty years. The ratio of ^{137}Cs to ^{90}Sr activity is 1.57. The radioactivity of the sea water follows the activity of fallout with a delay of approximately one year. The activities of natural radionuclides are found to be the same as in other world oceans. The concentrations of other radionuclides are negligible..

Zahvala

Zahvaljujemo se na pomoći tehničkim suradnicima Mariji Baumštark, Djuki Stampfu i Enisu Sokoloviću.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Košutić K., Lulić S.

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

ODREDJIVANJE ^{89}Sr I ^{90}Sr U RIJEČNOJ I PODZEMNOJ VODI

SAŽETAK Odredjivanja ^{89}Sr i ^{90}Sr vršena su na nekoliko lokacija rijeke Save, nizvodno od nuklearne elektrane te u uzorcima podzemnih voda. Koncentracija ^{89}Sr i ^{90}Sr praćena je tokom tri godine. Iz dobivenih rezultata ne može se zaključiti da postoje signifikantne razlike tokom ovog vremenskog perioda. Razlike su uočljive jedino kod podzemnih voda i to pogotovo u ljetnom periodu.

UVOD

U cilju kontroliranja radiokontaminacije neophodno je pratiti neke radiološke parametre. Radioaktivni stroncij je naročito interesantan zbog svoje radio-toksičnosti, a također i zbog kemijske sličnosti s kalcijem. Stroncij kao fisioni produkt s dugim vremenom poluraspada ima sposobnost kumuliranja, a time se i opasnost od kontaminacije povećava.

Ovim radom obuhvaćeno je odredjivanje ^{89}Sr i ^{90}Sr na više lokacija rijeke Save i u uzorcima podzemne vode. Riječna voda ispitivana je kvartalno, a podzemna voda mjesečno.

EKSPEKIMENTALNI DIO

Uzorci vode su tokom određenog perioda sakupljeni, a onda je zbirni uzorak otparavan na rotavaporu. Otparni ostatak tretiran je s dušičnom kiselinom, a zatim nizom analitičkih separacija (1) odvojen je stroncij. Stroncij je brojen kao $^{90}\text{SrCO}_3$ nakon postignute ravnoteže s ^{90}Y (2). Istovremeno je radjen i standard ^{90}Sr čija nam je aktivnost poznata (151,92 mBq/ml). Izračunavanje ^{90}Sr vršeno je prema slijedećoj formuli:

$$A_{^{90}\text{Sr}} = \frac{I_{\text{UZ}}}{I_{\text{ST}} \cdot v} \cdot A_{\text{ST}} [\text{mBq/l}]$$

gdje je: I_{UZ} - net impulsi ^{90}Sr u uzorku [sek]
 I_{ST} - net impulsi ^{90}Sr u standardu [sek]
 V - količina uzorka uzeta za analizu [l]
 A_{ST} - aktivnost standarda ($151,92 \times 10^3$ mBq/l).

U prirodi dolaze izotopi stroncija u smjesi (^{89}Sr i ^{90}Sr). ^{90}Sr je fisioni produkt i on se može pojaviti kao posljedica "fall out-a" ili rada nuklearne elektrane, dok je ^{89}Sr pretežno aktivacijski i njegova prisutnost u prirodnim uzorcima direktno se povezuje s radom nuklearne elektrane. S obzirom da su ^{89}Sr i ^{90}Sr β -emiteri onda se za određivanje ^{89}Sr koristi indirektna metoda (3), koristeći svojstvo ^{90}Sr da se raspada u ^{90}Y i s njim postiže ravnotežu u roku od 15 dana. Podešavanjem β -mjerena i separacijom ^{90}Y može se računski odrediti aktivnost ^{89}Sr . Kao standard koristi se K_2SO_4 (200 mg) s obzirom da ^{40}K ima energiju vrlo blisku ^{89}Sr ($K = 1,46$ MeV, $^{89}\text{Sr} = 1,5$ MeV). Za računanje koristi se formula:

$$A_{^{89}\text{Sr}} = K \frac{I_{UZ}}{V \cdot b_{\text{Sr}}} \cdot \beta \cdot A_{^{90}\text{Sr}} \cdot \epsilon_{^{89}\text{Sr}} \cdot \epsilon_{^{90}\text{Sr}} \cdot e^{-\lambda t_2} [\text{mBq/l}]$$

gdje je: K - korekcijski faktor za pretvorbu $\text{dpm} \rightarrow \text{dps}$ [$4,5 \times 10^{-3}$]

I_{UZ} - net impulsi ^{90}Sr nakon odvajanja ^{90}Y [imp/min]

V - količina uzorka uzeta za analizu [l]

b_{Sr} - kemijsko iskorištenje stroncija [%]

β - korekcijski faktor za raspad ^{89}Sr , [$2 - e^{-\lambda t_1}$]

t_1 - vrijeme izmedju separacije ^{89}Sr i brojanja uzorka [dan]

t_2 - vrijeme izmedju sakupljanja uzorka i brojanja uzorka [dan]

λ - konstanta raspada [dan $^{-1}$]

$A_{^{90}\text{Sr}}$ - specifična aktivnost ^{90}Sr [mBq/l]

$\epsilon_{^{89}\text{Sr}}$ - efikasnost brojača za ^{89}Sr

$\epsilon_{^{90}\text{Sr}}$ - efikasnost brojača za ^{90}Sr .

REZULTATI I DISKUSIJA

U Tablici 1 prikazani su rezultati za aktivnosti ^{89}Sr i ^{90}Sr . Dobivene vrijednosti za aktivnost ^{89}Sr za riječnu vodu kreću se od 0,40-1,44 mBq/l dok za podzemnu vodu su nešto više i kreću se od 1,37-2,12 mBq/l. Specifične aktivnosti za ^{90}Sr za riječnu vodu kreću se od 1,81-5,32 mBq/l, a za podzemnu vodu od 6,01-10,82 mBq/l.

Tablica 1. Specifična aktivnost ^{89}Sr i ^{90}Sr (mBq/l)

Lokacija	Godina	Specifična aktivnost (mBq/l)	
		^{89}Sr	^{90}Sr
riječna voda I	1982	0,86	4,79
	1983	0,79	3,75
	1984	1,04	4,09
riječna voda II	1982	1,44	4,75
	1983	1,28	3,75
	1984	1,00	5,76
riječna voda III	1982	0,40	1,81
	1983	1,19	4,57
	1984	1,35	5,32
podzemna voda I	1982	1,77	6,49
	1983	1,69	6,01
	1984	1,37	6,73
podzemna voda II	1982	1,71	8,53
	1983	1,94	10,82
	1984	2,12	10,38

Prema ovim rezultatima može se zaključiti da je količina aktivnog stroncija nešto viša u podzemnim vodama nego u riječnoj vodi, što se može povezati s dvostruko većom koncentracijom ukupnog stroncija na istoj lokaciji (4). U Tablici 2 prikazani su rezultati za aktivni stroncij (^{90}Sr) mjerjen mjesечно na lokaciji podzemna voda II.

Tablica 2. Specifična aktivnost ^{90}Sr u podzemnoj vodi (mBq/l)

Mjesec	Godina	1982	1983	1984
Siječanj	-	4,26	11,16	
Veljača	10,51	9,21	11,26	
Ožujak	8,62	8,18	10,00	
Travanj	9,51	8,66	11,69	
Svibanj	4,81	7,27	8,65	
Lipanj	8,10	9,98	11,02	
Srpanj	6,58	19,76	10,99	
Kolovoz	10,58	16,46	8,79	
Rujan	11,27	17,49	10,69	
Listopad	8,53	7,87	9,58	
Studeni	7,52	11,61	-	
Prosinac	7,55	10,12	11,40	

Vidi se da je u ljetnim mjesecima aktivnost povećana što može biti posljedica niskog vodostaja odnosno slabijeg razredjenja ispuštenih radioaktivnih efluena-ta.

SUMMARY Specific activities of ^{89}Sr and ^{90}Sr were detected in river water and ground water from several locations downstream NPP, during three years. The results show no significant differences in activities of ^{89}Sr and ^{90}Sr in river water during this period. The activity of ^{90}Sr in ground water is higher than in river water especially in summer months.

LITERATURA

1. J.H. Harley, Editor, HASL 300 (1976).
2. B. Al-Deen, "S. Lulić, K. Košutić, XI Jugosl. Simp. zaštite od zračenja, 1981, str. 99.
3. W.B. Bowman II, D.L. Swindle and D.L. Henderson, Health Physics, 1976, Vol. 31, pp. 495-500.
4. Elaborat istraživanja utjecaja NE-Krško na radioaktivno zagadjenje podzemnih voda i vode rijeke Save, CIM IRB (1983).

loo.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula 10.-13. jun 1985.

Brnović R., Mijatović Lj., Radovanović R., Vukotić M. i Hajduković D.

Klinički centar Medicinskog fakulteta

OOUR Institut za medicinu rada i radioološku zaštitu

"Dr Dragomir Karađović", Beograd

NEKE RADIOLOŠKE I HEMIJSKE KARAKTERISTIKE U VODI I SEDIMENTU REKA SAVE I DUNAVA

Rezime: U periodu 1978-1981. godine vršena su merenja ukupne beta aktivnosti, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{210}Pb , Cr , Zn , Fe , Co , Sb, kao i hemijskih karakteristika u vodi i sedimentu reka, Save i Dunava, uglavnom u regionu Beograda. Ova merenja predstavljaju doprinos bazičnom fondu podataka o radioekološkoj situaciji Save i Dunava u vreme nuklearizacije i izgradnje brana na ovim rekama.

Uvod

Proučavanje ekoloških promena, migracije pojedinih radioisotopa i drugih materija i njihove akumulacije u hidrobiološkim sistemima Save i Dunava u SR Srbiji predstavlja dugoročan program ispitivanja.

Mi smo u periodu 1974-77 god. u istraživačkoj studiji u okviru Međunarodnog projekta po programu IAEA (1) prikazali radioekološku situaciju za hidrobiološke sisteme Save i Dunava, sa posebnim osvrtom i zaključcima u uslovima izgradnje brane Đerdap I.

Metode rada

U ovom radu za određivanje ukupne beta aktivnosti, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{210}Pb , korištene su standardne radiohemijske i radiometrijske metode (2,3,4,5). Elementi u tragovima određivani su neutronaktivacionom analizom (6). Hemijske karakteristike rečne vode određivane su spektrofotometrijskom metodom (7).

Uzorci vode reka Save i Dunava sakupljeni su ko-dnevno, a merenja su vršena u prosečnim mesečnim uzorcima. Uzorci sedimenta sakupljeni su sezonski.

RADIOAKTIVNOST U VODI REKA SAVE KOD BEOGRADA, DUNAVA KOD ZEMUNA

Tabela 1

mBq/l

	S A V A					D U N A V				
	Ukupna beta aktivn.	^{90}Sr	^{137}Cs	^{226}Ra	^{210}Pb	Ukupna beta aktivnost	^{90}Sr	^{137}Cs	^{226}Ra	^{210}Pb
1978	310,8	44,4	-	37,0	92,5	351,5	38,8	-	37,0	44,4
1979	129,5	42,2	-	37,0	9,9	155,4	43,6	-	37,0	19,9
1980	121,5	49,8	44,4	37,0	-	144,3	45,4	25,4	37,0	-
1981	124,4	30,1	27,7	37,0	-	103,5	17,8	29,4	37,0	-

ELEMENTI U TRAGOVIMA U VODI REKA SAVE KOD BEOGRADA, DUNAVA KOD ZEMUNA

(Proleće 1979.g.)

gr/l

JOL.

	S A V A					D U N A V				
Vrsta elem.	Cr	Zn	Fe	Co	Sb	Cr	Fe	Co	Sb	
2,145. 10^{-4}	19,34. 10^{-4}	3,85. 10^{-4}	5,94. 10^{-6}	13,7. 10^{-6}	2,05. 10^{-4}	4,8. 10^{-2}	7,84. 10^{-6}	21,07. 10^{-6}		

RADIOAKTIVNOSTI I ELEMENTI U TRAGOVIMA U SEDIMENTU REKE SAVE KOD SAPCA (PROLEĆE 1978.g.)

Vrsta elem.	mBq/kg					gr/gr suvog uzorka				
	Sr	Ra	Pb	Cr	Zn	Fe	Co	Sb		
	54,8	3771,4	691,9	$1,94 \cdot 10^{-6}$	$1,94 \cdot 10^{-4}$	$3,24 \cdot 10^{-2}$	$6,33 \cdot 10^{-6}$	$5,499 \cdot 10^{-6}$		

HEMIJSKE KARAKTERISTIKE REĆNE VODE SAVE KOD BEOGRADA, DUNAVA KOD ZEMUNA

Tabela 2

	S A V A		D U N A V	
	1980	1981	1980	1981
NITRATI	7,9-11,9 mg/l	4,0-15,8 mg/l	7,92-8,8 mg/l	7,5-16,7 mg/l
NITRITI	-	0,05-0,23 mg/l	-	0,01-0,99 mg/l
MANGAN	0,3 mg/l	0,1-0,8 mg/l	-	0,1-0,9 mg/l
BAKAR	0,05 mg/l	0,03-0,1 mg/l	0,02-0,1 mg/l	0,03-0,08 mg/l
OLOVO	0,004-0,053 mg/l	-	0,004-0,051 mg/l	-
6. VALENT. HROM	0,008-0,01 mg/l	0,036-0,050 mg/l	0,01-0,035 mg/l	0,038-0,056 mg/l
MUTNOCA	3-10 F.J.	-	8-10 F.J.	-
BOJA	15-16 ⁰ Pt-Co	7-14 ⁰ Pt-Co	3-19 ⁰ Pt-Co	2-13 ⁰ Pt-Co
pH	-	8-8,3	-	8,1-8,4
ALKALITET	110-120 mg/l	28-40 mlHCl 0,1N	120-130 mg/l	28-37 mlHCl 0,1 N
KALIJUM	60-64 mg/l	/	56-60 mg/l	-
KALCIJUM	/	24-60 mg/l	/	24-56 mg/l
MAGNEZIJUM	2,5-10 mg/l	5-12 mg/l	5-12,2 mg/l	7,3-13,6 mg/l
UKUPNA TVRDOČA	160-200 mg/l CaCO ₃	100-190 mg/l CaCO ₃	170-200 mg/l	110-190 mg/l CaCO ₃
GVOŽDJЕ	0,02-0,05 mg/l	0,2-0,7 mg/l	0,08 mg/l	0,1-0,7 mg/l
SULFATI	28-35 mg/l	31-37 mg/l	30-45 mg/l	26-60 mg/l
HLORIDI	35-40 mg/l	19,5-45 mg/l	40-45 mg/l	15-50 mg/l
OSTATAK				
ISPARENJA	169-288 mg/l	161,3-251,9 mg/l	165-230 mg/l	141-300,5 mg/l
SUSPENDOVANE MAT.	20 mg/l	24-38 mg/l	-	18-38 mg/l

- MESECNI REZULTATI PRIKAZANI SU U INTERVALNOM GODIŠNJEM OPSEGU

Rezultati i diskusija

U tabelama 1 i 2 prikazani su rezultati merenja.

Izvršena ispitivanja pokazuju da se sadržaj radionuklida i drugih elemenata menja sezonski i on nije značajno različit za rečnu vodu Save i Dunava.

Abstract

This report contains results of the measurements of Co, Sb, and some chemical characteristics of the Danube and Sava river water and sediments near Belgrade for the period 1978-1981.

Literatura

1. Radovanović R., Brnović R., and al: Radioecological study of rivers: 1. The Danube near Belgrade and Djerdap. 2. The Sava near Belgrade, 3. The Tisa near Kanjiža IAEA- TECDOC-219, 1979
2. Brnović R., : Naučno-tehnički pregled, 1971, br.8
3. Brnović R. Radovanović R.: Izdvajanje ^{137}Cs na AMF u uzorcima iz životne sredine. VIII Jug. simp. zaštite od zračenja, Nerceg Novi, 1975.
4. Vukotić M.; Magistarska teza, Zagreb, 1973
5. Mijatović-Moračić Lj.: Magistarska teza, Zagreb, 1978
6. Drašković R.: Doktorska disertacija, Beograd, 1978
7. Mijatović Lj.: Studija zagadjenja reka i predlozi mera za zaštitu. Izveštaj RZZN SRS br. 3635/1-76

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13.06.1985

Popovski Slobodan, Elenksi dr. Dimitar
Zavod za preventivno-medicinsku zaštitu-Skopje.

PRILOG PRODIRANJA RADIONUKLIDA U BUNARIMA ZA SNABDEVANJE VODOM
I PROCENA ISPRAVNOSTI VODE ZA PIĆE

Rezime:

Povod pisanja ovog referata je popuštanje brane akumulacije jalo-vine rudnika olova i cinka "Zletovo"-Probištip, prodor jalovine u vodotocima i preduzimanja preventivno-medicinskih mera zaštite.

Dana, 17.marta 1976 god. došlo je do popuštanja brane akumulacije jalovine olovno-cinkove rude u Probištipu i ogromne kolичine jalovine izlilo se u reci Kiseličke koja se uliva u reku Bregalnicu a ova zatim u reku Vardar. Početni bran se kretao brzinom od oko 4 km/h zbog velike gustoće suspendovanih materija i uništavao sav živi svet u rekama i plavio okolno plodno zemljište. Istoč dana oko 23,30 časova bran je stigo u Štipu, dok u Đevđeliji
br... stigo 20.marta 1976 god. u 16,00 časova.

Kako se grad Štip snabdeva vodom za piće iz više reni bunara koji se nalaze neposredno pored same reke Bregalnice, alarmirane su sve strukture i subjekte među kojima i preventivno-medicinska služba. Pretpostavka je bila da su reni bunari radiološki, hemijski i bakterološki zagađeni, jer nakon što je prvi bran prošao, u reci Bregalnici je ostao debeli sloj olovno-cinkove jalovine. Štab za civilnu zaštitu grada Štipa naredio je da se prekine snabdevanje vodom iz vodovoda i dao preporuku krajbrežnim naseljima da ne koriste rečnu vodu za napajanje stoke i ne koriste vode iz bunara pored brega reke Bregalnice dok se ne utvrdi stepen rizika po čovekovom zdravlju.

Poznato je da olovno-cinkova ruda sadrži izvesne male kolичine radionuklida /3/, pa normalno je bilo očekivati da ih ima i u jalovini što je bilo lako i jednostavno dokazati. Pretpostavka je bila da jalovina sadrži i druge hemijske toksične materije, posebno u vodi rastvorljivih jedinjenja teških metala.

Drugog dana po prodora jalovine dobivene su uzorci vode iz reke Bregalnice kod Štipa i uzorci vode iz reni bunara za gradski vodovod, na ispitivanje. Voda iz reke Bregalnice sadržala je ve-

like količine suspendovanih materija sa sivom bojom koji su se tažili, a voda iznad taloga bila je bistra i bezbojna. Voda iz reni bunara bila je uobičajeno normalna bistra i bezbojna. Komparativni rezultati ispitivanja dati su u Tabeli 1.

Prosečna ukupna beta radioaktivnost vode reke Bregalnice iznosi 0,50 Bq/l./6/, a za vreme akcidenta ona dostiže i do 166,50 Bq/l. Međutim ukupna beta radioaktivnost vode iz reni bunara za snabdevanje grada vodom, pred, za vreme i posle akcidenta ostaje približno ista i iznosi oko 0,15 Bq/l., što govori da reni bunari nisu bili radiološki zagađeni. Hemijsko-toksikološkom analizom/8/ dokazano je znatno prisustvo toksičnih metala u reci Bregalnici za vreme prodora jalovine, međutim takođe nije dokazano njihovo prisustvo u reni bunara i vodovoda iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija.

Od rudnika "Zletovo"-Probištip, dobiveni su podaci da u vodotocima je prodrlo oko 900.000 tona jalovine i atest o sadržini metala. Sadržina toksičnih metala u procentima bila je relativno mala, i to: olova 0,24%, kadmijum 0,01%, arsen 0,03%, mangan 2,8%, i t.d. međutim ukupne količine bile su ogromne : olova 2.160 tona, kadmijum 90 tona, arsen 270 tona, i mangan 25.200 tona. I pored ovakvih količina uzorci vode za piće nisu sadržali povećanu koncentraciju radionuklida i toksičnih metala odnosno konzumiranje vode iz gradskog vodovoda ne bi prestavljalo neku neposrednu opasnost za zdravstveno stanje ljudi.

ZAKLJUČAK:

1. Pokazalo se i u ovom slučaju da tlo prestavlja i može biti veliki apsorbent radionuklida jer njihov prodor u reni bunare nije konstatovan ni posle 10 dana od prodora jalovine.
2. Najbrža ocena kvaliteta vode za piće konstatovana je merenjem radioaktivnosti čime je data i pretpostavka da ne postoji mogućnost prodiranja i drugih toksičnih teških metala što je kasnije i potvrđeno hemijsko-toksikološkom analizom.
3. Prebrza je bila doneta odluka o zabrani korišćenja vodovoda, odnosno reni bunara za snabdevanje vodom grada Štipa, čime su stvorenji vanredni problemi grada i privredi sa svim posledicama koje proizilaze od toga.

Abstract

The motive of writing this papers is breaking brear refuse of plumb-cinc mine "Zletovo"-Probištip, the migration of the refuse into revers and penetration of fission production in the water supply in towns.

LITERATURA:

- 1.-Kubalka V.,Strohal R.,Lulić S.: "Procjena puteva radioaktivnog zagađenja podzemnih voda primjenom neutronske aktivacione analize".Zbornik radova VIII simpozijuma JDZZ,str.235.Herceg Novi 1975.
- 2.-Milojević S.,Radovanović R.: "Prilog poznavanju prodiranja fisionih produkata iz radioaktivnih padavina u podzemne vode". Zbornik radova IX simpozijuma JDZZ,str.269.Jajce 1977.
- 3.-Hajduković D.: "Prilog klasifikaciji rudnika metaličnih ruda u zavisnosti od radioaktivnih pojava u rudniku".Zbornik radova IX simpozijuma JDZZ,str.415.Jajce 1977.
- 4.-Milojević S.: "Dinamika prodiranja fisionih produkata u vode r.Velike Morave".Zbornik radova VIII simpozijuma JDZZ,str.259. Herceg Novi 1975.
- 5.-Popovski S.:"Ukupna beta radioaktivnost u izvorskim vodama u SR Makedoniji".Zbornik radova IX simpozijuma JDZZ,str.275. Jajce,1977.
- 6.-Popovski S.: "Ukupna beta radioaktivnost u površinskim vodama u Makedoniji u periodu 1973-1980 god.".Zbornik radova XI simpozijuma JDZZ,str.95.Portorož,1981.
- 7.-Prohorov V.: "Migracija radioaktivnih zagražnenij v počvah". Energoizdat.Moskva,1981.
- 8.-Veljanovski A.,i dr.: "Naši iskustva vo prevzemanjeto preventivno-medicinski merki po prodorot na jalovina na olovno-cinkova ruda vo rekata Bregalnica".

RADIOAKTIVNOST VODE REKE I BUNARA PRE I POSLE PROBIJANJA
AKOMULACIJE JALOVINE RUDNIKA "ZLETOVO"-PROBISTIP

Red. br.	U Z O R A K reke ili bunara	Vreme uzimanja uzorka Datum	Mesto uzimanja čas	Bliža oznaka mesta	Aktivnost Bq/l
1.	r.BREGALNICA	/prosek/6/	Štip	Kežovica	0,50
2.	Bunar br.1 i 2.	"	"	Pored r.Bregalnice	0,15
3.	r.BREGALNICA	18.03.1976	8,00	Pored bunara br.1	166,50
4.	Bunar br.1	"	8,00	Pored r.Bregalnice	0,14
5.	r.BREGALNICA	"	11,00	Pored bunara br.2	118,40
6.	Bunar br.2	"	11,00	Pored r.Bregalnice	0,11
7.	r.BREGALNICA	23.03.1976	Most r.Zletovke/Pre ulivanja/ " /Po ulivanja/		0,04
8.	"	"	Štip	Pored bunara br.1 i 2	0,96
9.	"	"	Most r.Zletovke/Pre ulivanja/ " /Po ulivanja/		1,63
10.	"	28.03.1976	Most r.Zletovke/Pre ulivanja/ " /Po ulivanja/		0,37
11.	"	"	Štip	Pored bunara br.1 i 2	0,63
12.	"	"	Ispod T.Veles		0,70
13.	r.VARDAR	18.03.1976	8,00	Staro Gradsko	0,30
14.	"	21.03.1976	Gevgelija		26,97
15.	"	"			11,47

XIII ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИУМ ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ
Пула, 10 - 13 јуни, 1985

Л. Николовска, Б. Минчева, Т. Ановски.

Центар за примена на радиоизотопи во науката и
стопанството "Скопје" - Скопје

СЛЕДЕЊЕ НА НИВОТО НА ПРИРОДНАТА РАДИОАКТИВНОСТ
НА ЛОКАЛИТЕТОТ КРИВОЛАК

РЕЗИМЕ - Во трудот се презентирани резултати од одредувањето на природен U , $Th-232$, $K-40$ и $Cs-137$ во примероци од вода, седimenti, необработена земја, обработена земја и трева, колектирани еднаш месечно од локалитетот Криволак.

Анализите се вршени на $Ge(Li)$ детектор поврзан со 4096 канален анализатор.

УВОД

Во рамките на проектот за утврдување на радиоеколошките карактеристики на реката Вардар, од 1977 год., континуирано се следи нивото на вкупната радиоактивност на V локалитети вдолж р. Вардар: I извор, II и III влез во Скопје, IV излез од Скопје и V Криволак. Нивото на радиоактивноста на првите четири локалитети немаше големи временски осцилации и добиените вредности беа во границите на очекуваните. Предмет на нашето интересирање беше зголемената радиоактивност на локалитетот Криволак, оддалечен околу педесетина километри од југословенско-грчката граница, во однос на другите мерни места.

МЕТОД НА РАБОТА

За припрема на примероците употребени се методи дадени во претходно објавени трудови^{/2/}.

За одредување на природните радионуклиди користен е $Ge(Li)$ детектор (*Cambridge*) со волумен од $69,56 \text{ cm}^3$ и со активна површина на прозорот од $18,80 \text{ cm}^2$. За линијата на $1332,5 \text{ KeV}$ на $\text{Co}-60$ *PWHM* изнесува $1,91 \text{ KeV}$, односот пик:комpton е $43,2:1$, со рела-

тивна ефикасност од 16%. Добиените сигнали се складираат во меморијата на МСА. Времето на колектирање на спектрите изнесува; за земји, седименти и трева 80000 s, а за води 100000 s.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Средните вредности на специфичните активности на природен U и $Th-232$, изразени во Bq/kg (односно Bq/l за вода) и стандардна девијација од 2σ , прикажани се на Таб.1. Во Таб.2 дадени се вредностите на специфичните активности на $K-40$ и $Cs-137$, изразени во Bq/kg (односно Bq/l за вода).

примерок	прир. U	$Th-232$
вода	$(10,98 \pm 3,05) \cdot 10^{-3}$	$(2,90 \pm 0,67) \cdot 10^{-3}$
необработена земја	$6,89 \pm 2,99$	$12,31 \pm 5,25$
обработена земја	$8,26 \pm 1,41$	$9,31 \pm 0,78$
седименти	$16,06 \pm 3,53$	$4,35 \pm 0,82$
трева	$53,93 \pm 9,41$	$91,93 \pm 38,50$

Таб.1

примерок	$K - 40$	$Cs - 137$
вода	$0,16 \pm 0,03$	$(3,88 \pm 0,83) \cdot 10^{-3}$
необработена земја	$250,84 \pm 82,68$	$2,67 \pm 1,15$
обработена земја	$370,28 \pm 36,03$	$2,12 \pm 0,45$
седименти	$364,64 \pm 40,75$	$1,12 \pm 0,44$
трева	$1841,56 \pm 206,88$	$21,49 \pm 8,64$

Таб.2

Од добиените резултати, вредностите за природен U , се движат од 0,01 Bq/l за вода до 53,93 Bq/kg сув остаток од трева. Добиената активност на природен U и $Th-232$ во водата од локалитетот Кроволак е за околу 5 (односно 1,5) пати поголема од специфичните активности на природен U и $Th-232$ во изворот на р.Вардар.

Што се однесува до $K-40$, вредностите не се разликуваат битно освен што $K-40$ кај примероците од изворот на р.Вардар изнесува околу 90% од вкупната β -активност, додека кај посматраниот локалитет овој процент варира од 60% за необработена земја до 83% за трева и налага потреба од одредување на специфичните активности на $Sr-90$.

Најголеми специфични активности на разгледуваните радионуклиди добиени се во примероците на трева.

Што се однесува до причините за зголемените вредности на специфичните активности на посматраниот локалитет, посебно на активноста на природниот U , може да се рече дека една од нив е Фабриката за фосфатни губрива, лоцирана на 40 - 50 km узводно од Криволак. Со цел да се утврди придонесот на оваа фабрика во радиото загадување на р.Вардар, а со тоа и на пошироката животна средина се планираат подетални анализи на отпадните води што се испуштаат вореката.

ABSTRACT

The results of radioactivity level of Uranium, $Th-232$, $K-40$ and $Cs-137$ in water, sediments, uncultivated soil, cultivitated soil and grass, are presented. The γ -spectrometric analysis are performed with $Ge(Li)$ detector connected with 4096 channel analyser.

The amount of specific activity of Uranium in water in Kri-volak location is about five times grater than those in the river Vardar spring. There is no difference between the radioactivity levels of $K-40$.

РЕФЕРЕНЦИ

1. Proceedings of Symposium "Methods of Low-Level Counting and Spectrometry", Berlin (West), 6-10 April, 1981
2. "International Studies of the Radioecology of the Danube river" IAEA-TEC.DOC., Vienna, 1979.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZASTITE OD ZRAČENJA
PULA, 10 - 13. jun. 1985.

Mihalj A., Horšić Emilia, Saračević Lejla, Kljajić R.,
Milošević Z., Hasanbašić Danica

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo
71000 Sarajevo, V. Putnika 134.

TRANSFER Cs-137 U EKOLOŠKOM LANCU
STOČNA HRANA ANIMALNI PROIZVODI

R e z i m e

* Odredjivan je transfer Cs-137 u ekološkom lancu stočna hrana animalni proizvodi sa 9 lokaliteta u BiH.

Ispitivani su suha trava (sijeno), govedje meso, kravlje mlijeko i sir. Transfer je opisan izračunavanjem koncentracijskih faktora za navedeni ekološki lanac.

Dobivene vrijednosti koncentracijskih faktora su bile ispod jedinice.

U V O D

Fisioni produkt Cs-137 spada u značajne kontaminante životne sredine i biološke populacije.

Značaj Cs-137 kao kontaminanta životne okoline u biološkom smislu proizilazi iz činjenice da Cs-137 spada u grupu toksičnih radionuklida sa dugim vremenom poluraspada.

Zivotinjski, a time i ljudski organizam se kontaminira Cs-137 najvećim dijelom putem ishrane, te je potrebno poznavati njegovu koncentraciju u svakoj njenoj komponenti (1-5).

Materijal i metode rada

Za rad su uzeti uzorci suhe trave (sijena), govedjeg mesa, kravljeg mlijeka i sira sa 9 lokaliteta u BiH.

U navedenim uzorcima je nakon prethodne pripreme (vaganje i sušenje na 105°C) i mineralizacije (spaljivanje u pećima za žarenje na 400°C) određen Cs-137 gama spektrometrijskom analizom uz upotrebu Ge(L1) detektora

1 16000 kanalnog analizatora, proizvodnje firme EGG-ORTEC, USA. U radu je korišten model transfera na bazi koncentracijskih faktora, koji uzima u obzir samo direktni prelaz u modelu iz jedne faze u drugu pri čemu je zanemaren uticaj svih ostalih faktora.

$$KF = \frac{C_n(Bq\ kg^{-1})}{C_{n-1}(Bq\ kg^{-1})}$$

Rezultati i diskusija

Utvrđjene su vrijednosti koncentracije Cs-137 u travi, govedjem mesu, mlijeku i siru. Iz navedenih koncentracija izračunati su koncentracijski faktori ekološkog lanca trava-meso-mlijeko-sir.

Rezultati istraživanja prikazani su u tabelama 1 i 2. Dobivene vrijednosti Cs-137 su dosta varirale u zavisnosti od vrste uzorka i lokaliteta. Najveće vrijednosti Cs-137 su izmjerene u uzorcima trave, a kretale su se od $0,91 - 6,30\ Bq\ kg^{-1}$ uzorka, dok su uzorci govednjeg mesa za red veličine manji. Uzorci mlijeka i sira imaju ujednačene vrijednosti nivoa aktivnosti Cs-137.

Tabela 1. Nivoi aktivnosti u uzorcima trave, mesa, mlijeka i sira

Lokalitet	Trava	Meso	Mlijeko	Sir
	Bg Cs-137 kg suhe trave	Bg Cs-137 kg mesa	Bg Cs-137 1 mlijeka	Bg Cs-137 kg sira
1.	6,30	0,47	0,40	0,41
2.	2,30	0,35	0,17	0,25
3.	4,36	0,39	0,24	0,14
4.	6,19	0,20	0,10	0,08
5.	4,54	0,48	0,19	0,18
6.	2,15	0,27	0,14	0,24
7.	0,99	0,16	0,05	0,08
8.	0,91	0,15	0,08	0,01
9.	1,00	0,13	0,04	0,03
$\bar{x} \pm SD$	$3,20^{+2,20}_{-2,20}$	$0,29^{+0,14}_{-0,14}$	$0,16^{+0,11}_{-0,11}$	$0,16^{+0,13}_{-0,13}$

Vrijednosti koncentracijskih faktora za Cs-137 date su u tabeli 2. Koncentracijski faktor za meso (KF_1) kreće se u rasponu od 0,032-0,165, što se može protumačiti različitim sadržajem kalija u travi, a koji utiče na akumulaciju Cs-137 u mesu. Koncentracijski faktori za mlijeko i sir (KF_2 i KF_3) nemaju signifikantnih razlika i za 50% su niži od koncentracijskog faktora za meso.

Tabela 2

Koncentracijski faktori za meso, mlijeko i sir

Lokalitet	KF_1	KF_2	KF_3
1.	0,075	0,063	0,065
2.	0,152	0,074	0,109
3.	0,089	0,055	0,032
4.	0,032	0,016	0,013
5.	0,106	0,042	0,039
6.	0,126	0,065	0,112
7.	0,162	0,051	0,081
8.	0,165	0,088	0,011
9. -	0,130	0,040	0,030
$\bar{x} \pm SD$	$0,12 \pm 0,04$	$0,05 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,04$

Zaključak

Koncentracijski faktor za meso je za 50% veći od koncentracijskih faktora za mlijeko i sir, što ukazuje na to da se najveća količina Cs-137 iz trave deponuje u mesu.

Literatura

1. Kljajić R.: Prilog poznavanju transfera Sr-90 i Cs-137 u odredjenom ekološkom lancu sa postavljanjem modela prognoze. Disertacija, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 1984.
2. Horšić Emilia, Kljajić R., Milošević Z., Saračević Lejla, Mihalj A.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu tlo-trava. Veterinaria, Vol. 33, 3, Sarajevo, 1984.
3. Stanković Slobodanka, Mitrović R., Petrović B., Djurić Gordana: Odnos K-40 i Cs-137 u UBA stočne hrane biljnog porijekla. Veterinaria, Vol. 31, 3-4, 319-323, Sarajevo, 1982.
4. Glowiaik B., Malysowa E., Pasina J.: Retention of Sr-90 and Cs-137 in acological chain. Environ. Prot. Eng. (PRL), 1, No. 1, 71, 1975.
5. Mitrović Radosav: Izučavanje migracije radionuklida K-40 i Cs-137 pri intenzivnom uzgoju svinja Podrinjsko-kolubarskog regiona SR Srbije. Disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd, 1984.

Summary

TRANSFER OF Cs-137 IN ECOLOGICAL CYCLE - ANIMAL FOOD - ANIMAL PRODUCTS

A.Mihalj, Emilia Horšić, Lejla Saračević, R.Kljajić, Zdravko Milošević,
Danica Hasanbašić

Department of Radiology, Veterinary Faculty
71000 Sarajevo, V. Putnika 134

Summary. - Determined is transfer of Cs-137 in ecological cycle: animal food-animal products from 9 localities of Bosnia and Herzegovina. Examined are hay, beef, cow milk and cheese.

Transfer is presented by calculating concentration factor for mentioned ecological cycle.

The obtained values for concentration factors were beneath one.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13. juni 1985.

Stanković Slobodanka, Mitrović R. i Bojović T.*

Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Zemun

*Zavod za preventivnu medicinu VMA, Beograd

PRIRODNI I PROIZVEDENI RADIONUKLIDI U STOČNOJ
HRANI BILJNOG POREKLA

Sadržaj Analizirani su uzorci sveže stočne hrane (trava, detelina, stočna repa), kabaste stočne hrane (seno) i koncentrovane stočne hrane (kukuruz, ovas, ječam) na prisustvo važnijih komponenata ukupne beta aktivnosti: A K-40, A Cs-137 i A Sr-90. Uzorci su sakupljeni na području Podrinjsko-kolubarskog regiona SR Srbije, a rezultati su analizirani sa radijaciono-higijenskog aspekta.

Uvod

Proučavanje prirodnih nivoa aktivnosti radionuklida u lancu ishrane, kao i načina na koji oni variraju omogućava razumevanje uticaja radioaktivnosti životne sredine, prouzrokovane nuklearnim probama, na prirodnu radioaktivnost.

Biljne komponente stočne hrane su posebno važne u lancu ishrane uzimajući u razmatranje translokaciju radionuklida od mesta njihovog postanka do čoveka.

Materijal i metode

Radionuklidi ^{40}K , ^{137}Cs i ^{90}Sr su određivani u uzorcima stočne hrane biljnog porekla koji su sakupljeni prema šemi koja je prikazana u radu Mitrovića, R. i saradnika (1). Uzorci su pripremani za merenje po postupku koji je opisan u radu Stanković, S. i saradnika (2). Sadržaj ukupnog kalijuma određen je metodom atomske apsorpcije na UNICAM spektrofotometru, koristeći standardnu krivu za rastvore koji sadrže od 5 - 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ kalijuma. Nivo aktivnosti ^{40}K je proračunat iz podataka za ukupni kalijum. Radiocezijum - 137 određivan je radiohemijskom metodom taloženja cezijuma cezignostom, $\text{Na}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{BCN}$. Ova metoda je veoma pogodna

i selektivna za odredjivanje ovog radionuklida u biološkim sredinama (3). Gama spektrometrijskom metodom odredjivana je gama komponenta cezijuma - 137 na uredjaju CANBERRA - višekanalnom analizatoru impulsa. Za odredjivanje nivoa aktivnosti ^{90}Sr primenjena je, takodje, radiohemijska metoda taloženja ^{90}Sr - ^{90}Y oksalnom kiselinom, gde je stabilni itrijum nitrat poslužio kao nosač za ^{90}Y (4). Da bismo bili sigurni u radiohemijsko izdvajanje ^{90}Y ispitivane taloge analiziranih uzoraka merili smo nekoliko dana uzastopno da bismo na osnovu krive opadanja aktivnosti taloga u funkciji vremena sa sigurnošću tvrdili da je u pitanju čist ^{90}Y .

Rezultati i diskusija

Svi dobijeni rezultati svrstani su u tabelu 1. i predstavljaju merenja nivoa aktivnosti ispitivanih radionuklida u uzorcima koji su sakupljeni na osam lokaliteta. Rezultati su izraženi statističkim parametrima kao srednje vrednosti, intervalvarijacije, standardne devijacije i koeficijent varijacije. Dobijeni podaci variraju i zavise uglavnom od mesta sakupljanja uzorka. Visoke standardne devijacije karakteristične za nivo ^{40}K u uzorcima trave, deteline i sena ukazuju na nehomogenost serije ($C_v > 30$), što je posledica primene agrotehničkih mera u određenom području.

Analizirajući nivo ^{137}Cs u ispitivanim uzorcima takodje su karakteristične visoke vrednosti koeficijenata varijacije za uzorke trave, deteline i sena, ali i kod ostalih uzoraka je karakteristična nehomogenost serije. Najviši nivo i radiocezijuma i radiostroncijuma imaju uzorci trave, deteline i sena.

Rezultati nivoa aktivnosti ^{90}Sr ukazuju da je serija homogena za uzorke deteline, sena, kukuruza i ovса.

Uzimajući u obzir vrednosti za MDK radionuklida za ^{137}Cs i ^{90}Sr koje iznose prema propisima Medjunarodne atomske agencije za neke biosisteme: za ^{90}Sr (od $0,37 - 37 \text{ Bq kg}^{-1}$), a za ^{137}Cs (od $25,9 - 2590 \text{ Bq kg}^{-1}$) možemo smatrati da su vrednosti koje smo mi dobili našim istraživanjima u navedenim intervalima koncentracija za biološki aktivne radionuklide tolerantne (5).

Tab.1. Nivoi $A^{40}K$, $A^{137}Cs$ i $A^{90}Sr$ u uzorcima stočne hrane
biljnog porekla u $Bq \text{ kg}^{-1}$

\bar{x} od N 8

Uzorak	Statistički parametri			
	\bar{x}	I_v	SD	C_v
$A^{40}K$				
Trava	406	769	226	55
Detelina	326	430	161	49
Stočna repa	98	83	25	26
Seno	356	471	171	48
Kukuruz	60	30	9	15
Ovas	128	96	29	23
Ječam	107	93	27	25
$A^{137}Cs$				
Trava	3,86	10,52	3,60	93
Detelina	4,35	6,23	2,11	48
Stočna repa	0,15	0,47	0,06	40
Seno	5,37	10,92	3,58	66
Kukuruz	0,79	1,85	0,65	82
Ovas	2,89	2,44	0,80	28
Ječam	3,51	11,10	3,28	93
$A^{90}Sr$				
Trava	5,46	8,00	2,54	46
Detelina	5,75	5,60	1,42	25
Stočna repa	1,46	3,12	1,22	83
Seno	6,00	4,10	0,68	11
Kukuruz	0,20	0,15	0,05	25
Ovas	0,49	0,52	0,16	33
Ječam	1,16	3,02	0,85	73

Zaključak

U svim ispitivanim uzorcima sveže, kabaste i koncentrovane stočne hrane konstatovano je prisustvo prirodnih i proizvedenih radionuklida.

Nivo $A^{40}K$ je najviši u uzorcima trave (406 Bq kg^{-1}), a najniži u uzorcima kukuruza (60 Bq kg^{-1}).

Nivoi $A^{137}Cs$ i $A^{90}Sr$ su najviši u uzorcima sena ($5,37, 6,00 \text{ Bq kg}^{-1}$), a najniži u uzorcima stočne repe, odnosno kukuruza ($0,15, 0,20 \text{ Bq kg}^{-1}$).

Svi ispitivani uzorci stočne hrane su upotrebljivi za ishranu stoke sa radijaciono-higijenskog stanovišta.

Abstract

NATURAL AND PRODUCED RADIONUCLIDES IN CATTLE FODDER OF PLANT ORIGIN

Samples of fresh cattle fodder (grass, clover, turnips), bulky fodder (hay) and concentrated fodder (maize, oats, barley) were analyzed for the presence of major components of the total beta activity: $AK-40$, $ASr-90$ and $ACs-137$. Samples were collected from the Podrinje-Kolubara region of Serbia, and the results were analyzed from the radiation-hygiene aspect.

Literatura

1. Mitrović, R., Stanković, S., Bojović, T., Petrović, B., Djurić, G., Zbornik XIII Jugoslovenskog simpozijuma zaštite od zračenja, Ohrid, 1983.
2. Stanković, S., Gačević, M., Veterinaria, 26, 4, Sarajevo, 1977.
3. Bauman, A., Separacija ^{137}Cs , doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Zagreb, 1965.
4. Fomina, K.S., Radijaciona ekspertiza objektoru veterinarnog nadzora, Leningrad, 1974.
5. Horšić, E., Detekcija K - 40 i nekih fisionih produkata u morskim ribama, magistarski rad, Sarajevo, 1976.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ O ZASTITI OD ZRAČENJA,
PULA, 10-13. jun 1985.

Horšić E., Kljajić R., Mihalj A., Milošević Z.,
Saračević L., Hasanbašić D.

VETERINARSKI FAKULTET ZAVOD ZA RADIOLOGIJU SARAJEVO

KOJEFICIJENTI NAKUPLJANJA URANA U SISTEMU
STOČNA HRANA - ANIMALNI PROIZVODI

R E Z I M E

Izvršena su ispitivanja nivoa koncentracije i odredjeni koeficijenti nakupljanja urana u sistemu trava-animalni proizvodi, na određenim lokalitetima Bosne i Hercegovine.

Dobiveni rezultati ukazuju da animalni proizvodi imaju velikog udjela u preraspodjeli i transportu radionuklida u lancu hrane.

U V O D

Istraživanjem je ustanovljeno da prirodna radioaktivnost biosfere učestvuje sa 1/4 u cijelokupnom radijacionom opterećenju svih živih bića.

S obzirom na činjenicu da nema konačnih saznanja o biološkim efektima dugotrajne izloženosti niskim aktivnostima, koji potječe od prirodnih radionuklida, njihovo sistematsko ispitivanje i mjerjenje je od velike važnosti.

Poznavanjem koncentracije prirodnih radionuklida, kao i poznavanje njihovog biološkog ciklusa kruženja, odnosno mehanizma transfera iz jedne u drugu kariku istog ili različitog eko-sistema daje bazu za određivanje kriterija radijacione sigurnosti.

Materijal i metode rada

Prikupljanje uzoraka je vršeno na 5 lokaliteta Bosne i Hercegovine. Količina po uzorku je iznosila: trave-5 kg., govedjeg mesa-10 kg., kosti govedje-2 kg., sira-5 kg., mlijeka-30 lit.

Priprema i obrada uzoraka za radiometrijsku analizu je vršena standardnim načinom (3).

Radiometrijsko mjerjenje nivoa koncentracije urana.

Određivanje koeficijenta nakupljanja u sistemu animalni proizvodi - trava $K_n = \frac{\text{aktivnost animalnih proizvoda}}{\text{aktivnost trave (sijena)}} \cdot \frac{(\text{Bg} \cdot \text{kg}^{-1})}{\text{aktivnost trave (sijena) Bq} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 11}$

Radiometrijsko mjerjenje je vršeno na Ge(Li) detektoru uz 16.000 kanalni analizator.

Rezultati i diskusija

Analizirajući vrijednosti koncentracije urana u travi sa svih 5 lokaliteta, vidi se da su istog reda veličine, iako su vrijednosti na lokaciji 2 i 5 skoro dvostruko veće (tabela 1). Treba naglasiti da je trava uzeta sa prirodnih livada kojima nije dodavano vještačko djubrivo (fosfatno koje sadrži urana). Na osnovu toga nadjene vrijednosti urana u travi direktno potječe iz tla (1,2).

Rezultati mjerjenja koncentracije urana u animalnim proizvodima pokazuju ujednačene vrijednosti i ovdje su vrijednosti koncentracije urana najveće na lokaciji 4 i 5. Vrijednosti za kosti ukazuju da je uran kao i Ra-226 osteotropan element. Veća koncentracija urana u siru za red veličine od mlijeka, je odraz utroška mlijeka (4-5 lit.) za dobijanje 1 kg sira (4).

Tabela 1.

Nivo aktivnosti urana u sistemu
trava - animalni proizvodi

Likalitet	Trava Bq U kg ⁻¹	Meso Bq U kg ⁻¹	Kosti Bq U kg ⁻¹	Mlijeko Bq U l ⁻¹	Sir Bq U kg ⁻¹
1.	14,22	1,18	5,78	0,18	0,69
2.	16,31	0,93	6,24	0,72	2,55
3.	11,50	0,46	6,34	0,72	3,20
4.	23,14	0,82	13,90	0,70	2,55
5.	24,36	1,27	12,59	0,44	3,28

Transfer urana od trave do životinjskih proizvoda (meso-kosti i mlijeko-sir) je dat u vrijednostima koeficijenta nakupljanja za animalne proizvode (tab. 2). Naznačene vrijednosti pokazuju isti odnos kao i vrijednosti u tabl. 1 za meso-kosti, mlijeko-sir. Veće vrijednosti K_{n-2} - za kosti potvrđuje osteotropnost urana, a povećane vrijednosti u siru za red veličine u odnosu na mlijeko ukazuju da u toku tehnološkog postupka sirenja aktivnost urana ostaje u siru.

Prema tome koeficijent nakupljanja ($K_n = \frac{A}{Q}$), predstavlja odnos koncentracije radionuklida u animalnim proizvodima i unjete aktivnost ingestijom trave ili sjena ($Bq.dan^{-1}$) ili ($Bq.kg^{-1} .11$). Faktor 11 predstavlja prosječnu potrošnju sjena po danu, po životinji (5).

Na osnovu iznesenog može se reći da je transfer i nakupljanje radionuklida u ciklusu animalne proizvodnje posebno značajan problem sa stanovišta lanca ishrane koji neposredno utiče na čovjeka. Prema tome, životinje igraju veliku ulogu u preraspodjeli i transportu radionuklida u lancu hrana - čovjek.

Tabela 2.

Koeficijenti nakupljanja urana
u animalnim proizvodima

Lokalitet	K_{n_1} govedje meso	K_{n_2} govedje kosti	K_{n_3} mlijeko	K_{n_4} sir
1	$7,50 \cdot 10^{-3}$	0,037	$1,15 \cdot 10^{-3}$	$4,41 \cdot 10^{-3}$
2	$5,20 \cdot 10^{-3}$	0,035	$4,01 \cdot 10^{-3}$	0,014
3	$3,64 \cdot 10^{-3}$	0,050	$5,69 \cdot 10^{-3}$	0,025
4	$3,22 \cdot 10^{-3}$	0,055	$2,75 \cdot 10^{-3}$	0,010
5	$4,74 \cdot 10^{-3}$	0,047	$1,64 \cdot 10^{-3}$	0,012

$$Kn = \frac{A}{Q} Bq kg^{-1}$$

Kn - koeficijent nakupljanja

A = aktivnost animalnih proizvoda

Q = Dnevno unošenje aktivnosti travom $Bq.kg^{-1} \times 11$

11 = faktor za dnevno unošenje sjena od strane životinja

Z a k l j u č a k

- Izmerena koncentracija urana u animalnim proizvodima je odraz nadjene koncentracije urana u travi.
- Uran se može svrstati u osteotropne elemente.
- Odredjeni koeficijenti nakupljanja (K_n) omogućuju procjenu stepena kontaminacije, bilo koje karike ispitivanog sistema stočna hrana-animalni proizvodi, koje je veoma važno u radijacionoj eksperitizi živežnih namirnica.

L i t e r a t u r a:

1. Milošević Z., Horšić E., Bauman A., Kljajić R.: X. Simp. JDZZ 363, Arandjelovac 1979.
2. Bauman A.: Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Vol. 31,3, 1980.
3. Horšić E.: Disertacija, Sarajevo, 1980.
4. Horšić E., Milošević Z., Bauman A., Kljajić R.: Hrana Ishrana Vol. 22, 5-6, 1981.
5. Kljajić Ranko: Disertacija, Sarajevo, 1984.

S u m m a r y

COEFFICIENTS OF ACCUMULATED URANIUM IN THE SYSTEM
ANIMAL FOOD - ANIMAL PRODUCTS

The level of concentration was investigated and the coefficients of accumulated uranium were determined in the system: grass - animal products in the distinct localities of Bosnia and Herzegovina.

The obtained results indicate that animal products have a great share in distribution and transport of radionuclides in food chain.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PULA, 10.-13. juni 1985.

Petrović B., Djurić Gordana, Bunčić S.

Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu
Veterinarski fakultet u Beogradu
Savezni komitet za poljoprivredu

DOPRINOS PROTEINSKIH SIROVINA IZ UVOZA

NA RADIJACIONO OPTEREĆENJE STOČNE PROIZVODNJE

Kratak sadržaj

Dugogodišnja merenja aktivnosti radionuklida ^{137}Cs i ^{90}Sr u ribljem brašnu iz uvoza pokazuju da se ovim putem u "lanac ishrane" stoke unese godišnje oko 0,21 GBq Cs-137 i 0,16 GBq Sr-90. Ovi radionuklidi preko namirnica životinjskog porekla (meso, mleko, jaja) brzo dospevaju u organizam ljudi, te ovi podaci trebalo bi da se koriste pri proračunu radijacionog rizika stanovništva.

UVOD

Za procenu radijacionog rizika (R) ljudi od radionuklida u životnoj sredini koristi se linearna hipoteza radijacionog dejstva bez praga, prema Preporuci ICRP No. 26 (1977). Isto tako, koefficijenti rizika (f) kancerogeneze uzimaju se prema Preporuci ICRP No. 27 (1977). Na osnovu navedenih Preporuka ICRP izračunat je radijacioni rizik (R) i za stanovnike SR Srbije (2), koji vodi poreklo od prirodnog gama-fona, od unošenja u organizam prirodnih radio-nuklida, kao i od globalnih radioaktivnih padavina.

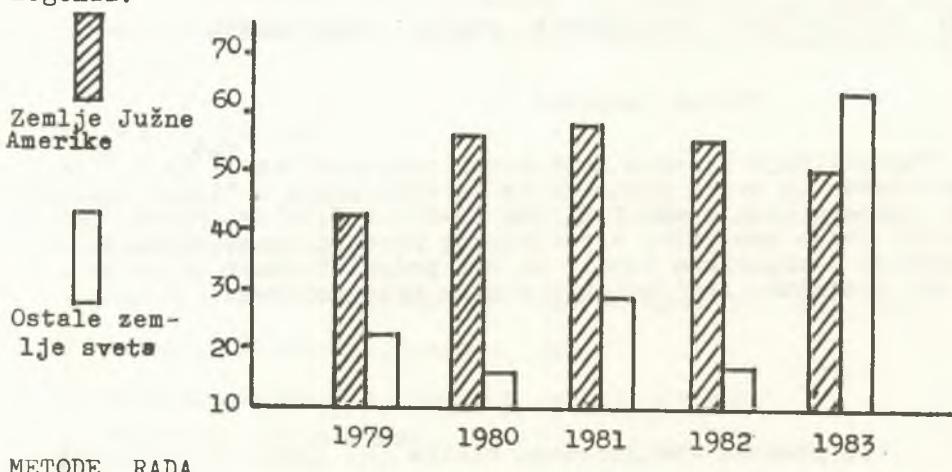
Medjutim, pri ovim proračunima zanemaruje se jedna komponenta, koja doprinosi povećanju radijacionog rizika stanovništva SFRJ. Naime, to su fisioni proizvodi koji preko proteinskih sirovina iz uvoza, koje se koriste za proizvodnju krmnih smeša za ishranu stoke u intenzivnom uzgoju, dospevaju u lanac ishrane stoke, a preko njega dolaze i do čoveka.

Poznato je da fabrikama stočne hrane u našoj zemlji godišnje nedostaje 250-300.000 tona proteinskih sirovina životinjskog porekla, koje su neophodne za proizvodnju krmnih smeša za ishranu stoke. Ovaj nedostatak nadoknjadije se uvozom mesno-košta-

nog i koštanog brašna, mleka u prahu, ribljeg brašna i dr. Tako na primer, godišnje se uvozi od 60-115.000 tona ribljeg brašna i ovaj uvoz je u stalnom porastu. Riblje brašno se najviše uvozi iz zemalja Južne Amerike (Peru, Čile, Ekvador, Bermuda), a to je oko 55% celokupnog uvoza ovog proteinskog aditiva, dok ostali deo sveta je zastupljen sa 45% od ukupno uvezenih količina (sl.1).

UVOZ RIBLJEG BRAŠNA U PERIODU 1979.-1983. GODINA

Legenda:



METODE RADA

Aktivnost radionuklida ^{137}Cs (A^{137}Cs) odredjena je metodom gama spektrometrijske analize merenjem mineralnog ostatka ribljeg brašna na Ge-Li detektoru i 4096 kanalnom analizatoru firme Ortec-Nuclear Data ND-100, u uslovima tzv. "niskofonskih merenja" (Djurić, 1980), uz odgovarajuću kalibraciju spektrometra i analizu spektra gama zračenja. Aktivnost ^{90}Sr odredjena je računski iz odnosa aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr , koji je u ribljem brašnu bio oko 1,3 za vremenski period u kome su analizirane uvezene protein-sirovine.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati višegodišnjih merenja A^{137}Cs u ribljem brašnu (analizirano je preko 500 uzoraka) pokazuju da je A^{137}Cs u ribljem brašnu uvezenom iz Južne Amerike od $(3 \pm 0,4)$ Bq/kg do (9 ± 2) Bq/kg, iako je bilo uzoraka koji su imali aktivnost i (16 ± 3) Bq/kg. A^{137}Cs u ribljem brašnu uvezenom iz drugih zemalja (osim Danske gde je A^{137}Cs ista kao i iz zemalja Južne Amerike), bila je od $(0,3 \pm 0,1)$ Bq/kg do $(3 \pm 0,4)$ Bq/kg.

Koristeći podatke o količini uvezenog ribljeg brašna i podatke da je najveći broj uzorka iz Južne Amerike imao $A^{137}\text{Cs}$ od $(3 \pm 0,4)$ Bq/kg, a iz ostalih zemalja $A^{137}\text{Cs}$ je bila $(1,65 \pm 0,95)$ Bq/kg, kao i da je odnos $A^{137}\text{Cs}/A^{90}\text{Sr}$ u ribljem brašnu 1,3, dobijene su vrednosti o godišnjem unošenju $A^{137}\text{Cs}$ i $A^{90}\text{Sr}$ u lanac ishrane svinja, živine i riba (Tabela 1).

Tabela 1. GODIŠNJE UNOŠENJE $A^{137}\text{Cs}$ I $A^{90}\text{Sr}$ [MBq/kg] U LANAC ISHRANE STOKE PREKO RIBLJEG BRAŠNA

Godina uvoza	Južna $A^{137}\text{Cs}$	Amerika $A^{90}\text{Sr}$	Ostale $A^{137}\text{Cs}$	zemlje $A^{90}\text{Sr}$
1979	124	95	36	28
1980	170	131	26	20
1981	173	133	49	38
1982	170	131	26	20
1983	155	119	106	82

Podaci o ukupno unetoj $A^{137}\text{Cs}$ i $A^{90}\text{Sr}$ za period od 5 godina (1979-1983), kao i prosečna godišnja vrednost unošenja ova dva fisiona produkta u lanac ishrane stoke, dato su u tabeli 2.

UKUPNA PETOGODIŠNJA I PROSEČNO GODIŠNJA $A^{137}\text{Cs}$ I $A^{90}\text{Sr}$ [MBq/kg] UNETA U STOČNU PROIZVODNJU PREKO RIBLJEG BRAŠNA

Tabela 2.

POREKLO UVOZA	PETOGODIŠNJA UNETA $A^{137}\text{Cs}$	PETOGODIŠNJA UNETA $A^{90}\text{Sr}$	PROSEČNA GODIŠNJE UNETA $A^{137}\text{Cs}$	PROSEČNA GODIŠNJE UNETA $A^{90}\text{Sr}$
JUŽNA AMERIKA	792	609	$158,4 \pm 20,5$	$121,2 \pm 15,8$
Ostale zemlje	243	188	$48,6 \pm 33,4$	$37,6 \pm 25,9$

Za posmatrani petogodišnji period preko ribljeg brašna "uneto" je u lanac ishrane svinja, živine i riba oko 1,04 GBq $A^{137}\text{Cs}$ i 0,8 GBq $A^{90}\text{Sr}$, odnosno ukupno oko 1,84 GBq. Prosečno godišnje "unošenje" u lanac ishrane stoke ova dva biološki značajna radionuklida je 0,21 GBq $A^{137}\text{Cs}$ i 0,16 GBq $A^{90}\text{Sr}$, odnosno ukupno oko 0,37 GBq. Pošto se u organizam životinja unose i drugi dugiživeći radionuklidi, a pojedini uzorci ribljeg brašna imali su $A^{137}\text{Cs}$ i do 16 Bq/kg, a takodje i druge proteinske sirovine (mleko u prahu i dr.) imaju značajan nivo $A^{137}\text{Cs}$ (36 Bq/kg), onda jasno proizilazi da proračun radijacionog rizika stanovništva SFRJ dobija sasvim druge dimenzije.

Prosečna aktivnost fisionih produkata ^{137}Cs i ^{90}Sr koji su se preko globalnih radioaktivnih padavina istaložili na teritoriji SFRJ, bila je za 1976. godinu 6,2 TBq $A^{137}\text{Cs}$ i 6,4 TBq $A^{90}\text{Sr}$, odnosno ukupno 12,6 TBq. Ove vrednosti su veće od unete aktivnosti ovih radionuklida preko ribljeg brašna. Međutim, zbog načina metabolizma ^{137}Cs i ^{90}Sr , ovi radionuklidi iz ribljeg brašna se velikim delom zadržavaju u organizmu domaćih životinja i preko namirnica životinjskog porekla (meso, mleko, jaja) prelaze u organizam čoveka.

ZAKLJUČAK

Podacima u ovom radu želelo se da se ukaže na nekoliko vrlo značajnih činjenica, te se u tom smislu zaključuje sledeće:

- 1) LANAC ISHRANE DOMAĆIH ŽIVOTINJA (prvenstveno svinja i živine) I RIBA JE · RADIJACIONO UGROŽEN usled uvoza proteinskih sirovina, koje su neophodne za intenzivan uzgoj i ishranu stoke u intenzivnom uzgoju i riba ;
- 2) Postoji NEOPHODNOST PERMANENTNE RADIJACIONO-HIGIJENSKE KONTROLE UVOZA PROTEINSKIH SIROVINA, kao i industrijskih krmnih smeša za intenzivan uzgoj svinja, živine i riba ;
- 3) Pri proračunu radijacionog opterećenja stanovništva ne može se polaziti samo od radijacionog opterećenja uzrokovanih prisustvom prirodnih radionuklida i globalnih radioaktivnih padavina , već se moraju uzeti u obzir i činjenice navedene u ovom radu, što predstavlja određenu specifičnost za našu zemlju .

Abstract

Long term measurements of the activity of radionuclides Cs-137 and Sr-90 in imported fish flour show that about 0.21 GBq of Cs-137 and 0.16 GBq of Sr-90 are introduced into the chain of cattle nourishment in this way. These radionuclides penetrate quickly into the human organism through the food of animal origin. This should be taken into account in the assessment of the radiation risk of the population .

LITERATURA

- 1) x x x : ICRP Publication No.26 -No.27 (1977).
- 2) x x x : Godišnji izveštaj po Projektu A/3,RZN Srbije (1977).
- 3) Petrović B., Radovanović R., Djurić G., Draganović B.: VIII Simpozijum JDZZ (1975),319.
- 4) Djurić Gordana : Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd (1980).

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13. lipnja 1985.

Srdoč D., Krajcar-Bronić I., Horvatinčić N., Hernaus E.
Institut "Ruder Bošković"

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI TRICIJA U OBORINAMA, U
POVRŠINSKIM I PODZEMNIM VODAMA NA PODRUČJU
SJEVEROZAPADNE JUGOSLAVIJE

SAŽETAK: Prikazani su rezultati 10-godišnjeg sistematskog mjerenja koncentracije aktivnosti tricija u kišnici, odnosno snijegu, zatim u površinskim vodama, krškim izvorima i podzemnim vodama na području SR Hrvatske, SR Slovenije i SR Bosne i Hercegovine.

Uvod

U Laboratoriju za mjerenje niskih koncentracija radionuklida u okolišu (LNA) Instituta "Ruder Bošković" mjeri se koncentracija ugljika ^{14}C i tricija u uzorcima organskog materijala i voda u području iznad ≈ 2 Bq/kg radionuklida ^{14}C i ≈ 0.20 Bq/l tricija. Mjerenje tricija se zasniva na antikoincidentnom odbrojavanju impulsa iz višežičanog proporcionalnog brojača (MWPC - Multiwire Proportional Counter), koji se puni metanom priredenim iz uzorka vode redukcijom na Al_4C_3 (1,2).

Rezultati mjerenja

1. Oborine. Prosječna mjesечna koncentracija aktivnosti tricija u oborinama, trajno se mjeri na tri lokacije u SZ dijelu naše zemlje:

Zagreb, Institut "Ruder Bošković"

Ljubljana, Institut "Jožef Stefan"

Nacionalni Park Plitvička jezera, meteorološka stanica,
Velika Poljana.

Višegodišnja usporedba izmjerениh podataka na sve tri točke pokazala je da nema signifikantne razlike u godišnjem prosjeku, premda se mjesечni prosjeci koncentracije aktivnosti tricija mogu razlikovati za faktor 2, zbog razlike u hidrometeorološkim uvjetima.

Rezultati mjerenja stanice Zagreb, prikazani na Sl. 1, redovno se publiciraju u izvještajima Svjetske mreže za praćenje koncentracije tricija u atmosferi u organizaciji IAEA/ WMO (3). Sezonske varijacije u koncentraciji aktivnosti tricija u oborinama rezultat su izmjene zračnih masa između stratosfere, gdje se nalazi glavnina mase tricija izbačene termonuklearnim eksplozijama, i troposfere. Postupni pad koncentracije aktivnosti tricija kroz posljednje dvije decenije nastao je zbog znatnog smanjenja broja površinskih termonuklearnih eksplozija, zatim zbog raspada tricija i zbog izmjene između atmosferske vlage i oceanske vode koja nije kontaminirana tricijem.

2. Površinske vode. Koncentracija aktivnosti površinskih tokova u pravilu slijedi godišnji srednjak oborinske aktivnosti, što znači da duboke inaktivne podzemne vode nemaju znatan udio u ukupnoj masi vode u našim sjeverozapadnim krajevima. Nadalje, vrijeme zadržavanja oborinske vode u podzemnim akviferima iz kojih se napajaju izvori površinskih tokova u Dinaridima, veoma je kratko (1-3 god), tako da to zadržavanje također ne utječe znatno na aktivnost tricija u površinskim tokovima. Koncentracija aktivnosti tricija u rijeci Savi kod Zagreba prikazana je na Sl. 1. Mjerenja uzoraka vode iz rijeka koje nastaju iz jakih krških vrela pokazala su da nema značajnije razlike između koncentracije aktivnosti tricija na izvorima i duž tokova, tako da se vrijednosti navedene u Tabeli 1. za krška vrela mogu smatrati tipičnom aktivnošću za površinske tokove u SZ Dinarskom regionu.

3. Podzemne vode s kratkim vremenom zadržavanja (MRT - Mean Residence Time) u akviferu. Većina jakih krških vrela vokliškog (Vaucluse) tipa pokazuje koncentraciju aktivnosti tricija tipičnu za zimski period, kad nastaju sniježne akumulacije na visini iznad 1500 m. Stalni izvori imaju povećanu koncentraciju aktivnosti tricija zbog zadržavanja vode u podzemlju. (MRT = 2 do 5 god) tako da dio vodene mase pripada nešto starijoj vodi. Tabela 1 prikazuje rezultate mjerenja koncentracije aktivnosti tricija na značajnim izvorima u SZ Jugoslaviji.

4. Podzemne vode s dugim vremenom zadržavanja u akvifera.

Ove vode sadrže u pravilu koncentraciju aktivnosti tricija ispod granice detekcije današnjih sistema za mjerjenje tricija. Jedino u slučaju kada se pleistocenski ili holocenski akviferi prihranjuju recentnom oborinskom vodom, koncentracija aktivnosti tricija može porasti iznad granice detekcije. Ovo je ujedno najznačajnija primjena opisane mjerne tehnike u hidrogeologiji, pored pomenutog određivanja srednjeg vremena zadržavanja podzemnih voda i monitoringu nuklearnih elektrana. U Tabeli 2. prikazani su rezultati mjerjenja sadržaja tricija u podzemnim vodama s dugim vremenom zadržavanja.

ABSTRACT: Tritium activity in precipitation, in surface water and in groundwater has been measured over a 10-year period in NW part of Yugoslavia. The results of measurements are presented in form of a graph and a table.

Literatura:

1. Srdoč, D., Breyer, B., Sliopčević, A.; Radiocarbon Dating of Archaeologic Samples of Biological Origin, Rad JAZU, Vol. 349, 1971.
2. Horvatinčić, N.; Radiocarbon and Tritium Measurements in Water Samples and Application of Isotopic Analysis in Hydrology, Fizika, Vol. 12, Suppl. 2, 1980.
3. IAEA/WMO World Survey of Isotope Concentration in Precipitation; Technical Reports Series.

Tabela 1. Koncentracija aktivnosti tricia u krškim izvorima

Izvor	Datum	Bq/l
Crna rijeka	20.12.84.	3.5 ± 0.2
Bijela rijeka	20.12.84.	4.7 ± 0.2
Plitvica	24.07.84.	4.7 ± 0.2
Zrmanja	21.06.84.	2.8 ± 0.2
Krka	08.09.84.	2.05 ± 0.2
Krupa	21.06.84.	2.5 ± 0.2
Krčić	05.09.84.	2.5 ± 0.2
Lika	08.08.84.	2.2 ± 0.2
Gacka	26.07.84.	3.8 ± 0.2
Cetina	23.05.84.	4.2 ± 0.2
Pliva	24.07.84.	3.2 ± 0.2
Una	21.06.84.	1.6 ± 0.2
Soča	31.10.84.	3.0 ± 0.2
Savica	31.10.84.	2.0 ± 0.2

Tabela 2. Koncentracija aktivnosti tricia u podzemnim akviferima

Izvor	Datum	Bq/l
Fojnica	25.02.85.	1.0 ± 0.2
Toplica, Tuzla	14.11.84.	0.9 ± 0.2
Beli Manastir	05.11.74.	0.4 ± 0.2
Novi Žednik	18.01.79.	< 0.2
Topusko	31.07.84.	< 0.2
Varaždinske toplice	01.13.84.	< 0.2
Ilidža, Sarajevo	07.02.84.	< 0.2
Sutinske toplice	10.11.83.	< 0.2
Velenje, Lajše	26.02.84.	< 0.2
Sanska Ilidža	25.04.84.	< 0.2
Medijske toplice	29.06.84.	< 0.2
Kanižarica	07.08.84.	< 0.2



Sl. 1. Koncentracija aktivnosti tricia u oborinama i u rijeci Savi kod Zagreba od 1976. do 1984. godine

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRACENJA

Pula, 10-13. jun 1985.

Radovanović R., Vukotić M.

Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

RADIJUM - 226 U EKOLOŠKOM SISTEMU STANOVNIKA SR SRBIJE

Rezime: Na teritoriji SR Srbije postoji 15 vrsta radiobiogeohemijskih zona u kojima se koncentracija Ra-226 u zemljишtu kreće od 1,67 Bq/kg do 105,08 Bq/kg (prosečno 35,32 mBq/kg).

Prosečno dnevno unošenje Ra-226 hranom za stanovnike je 44,1 mBq/dan a vodom 40,1 mBq/dan.

Srednja vrednost sadržaja Ra-226 u celom telu čoveka u SR Srbiji je 1142 mBq a u kostima 965 mBq.

Uvod

Prirodni radionuklid Ra-226 otkrili su 1898 godine M. Curie-Sklodowska, P. Curie i A. Debirne (1).

Biološko dejstvo zračenja Ra-226 prvi je zapazio H. Bequerel 1901 godine (2).

Ra-226 postao je predmet proučavanja autora iz naše zemlje od pre 60 godina (3,4,5,6).

Novija radioekološka proučavanja radijuma-226 u SR Srbiji datiraju od 1961. godine (7,8,9,10,11).

Kao što je poznato sadržaj Ra-226 u različitim geološkim strukturama je različit (12), a u zemljишtu određene geološke strukture njegov sadržaj raste proporcionalno sadržaju koloidnih frakcija (13).

Pored osnovne terestrijalne distribucije Ra-226 određen značaj za radioekologiju ovog radionuklida ima i njegova tehnološka distribucija.

Metodologija istraživanja

U našim istraživanjima Ra-226 u ekološkom sistemu stanovnika SR Srbije u periodu od 1961. do 1985. godine merenja aktivnosti ovog radionuklida u svim vrstama uzoraka vršena su po metodi koju su dali PRADEL J. et FUHRMANN BENEIX E. (14).

Ispitivana teritorija SR Srbije podeljena je na kvadratne sa ivicom od 10 km. Sa svakog kvadrata ispitivan je sadržaj Ra-226 u uzorcima zemljišta, voda, ljudske i stočne hrane. Svaka merna tačka identifikovana je na geološkoj karti. Posebno su ispitivani centralni delovi odredjene geološke strukture i granične oblasti izmedju različitih geoloških struktura.

Rezultati istraživanja i diskusija

U toku biološke evolucije prirodni fon ionizujućeg zračenja na površini zemlje imao je određen geohronološki tok (15,16).

Jačina ekspozicione doze prirodnog fona gama zračenja i sadržaj prirodnih radionuklida u zemljištu različitih geoloških struktura pokazava se određenim zakonitostima (7,8,9,10,11) koje su konačno dokazane u periodu od 1975-1980. godine. Te zakonitosti su sledeće:

1. U zemljištu na teritoriji određene geološke strukture raspodela sadržaja prirodnih radionuklida data je zakonom logaritamski-normalnu raspodelu.

2. Maksimumi krivih normalno-logaritamskih raspodela koncentracije prirodnih radionuklida u zemljištima na teritorija različitih geoloških struktura odgovaraju koncentracijama koje su date po sledećem izrazu:

$$C_{(m)} = k \frac{1 + 5^n}{2} \dots \dots \quad (1)$$

gde je k - karakteristična konstanta za dati radionuklid, n - ceo broj ($0,1,2,3\dots$).

Naši rezultati ispitivanja koncentracije Ra-226 u zemljištu na teritoriji SR Srbije pokazuju da na 99% ove teritorije (gde inače živi 100% stanovništva) postoji ukupno 15 vrsta zona od kojih se svaka pokazuje zakonitostima navedenim pod 1 i 2. Srednje aritmetičke vrednosti tih koncentracija i dnevног unošenja date su u tab. 1.

Tabela 1

Ra-226 U EKOLOŠKOM SISTEMU STANOVNIKA SR SRBIJE

ZONA	ZEMLJIŠTE		STANOVNIŠTVO %	DNEVNO UNOŠENJE	
	Bq/kg	% ter.		hrana U _h mBq/dan	voda U _v mBq/dan
I	1,67	1,12	0,02	3,7	16,3
II	8,88	0,36	0,03	11,1	24,8
III	16,65	11,06	4,61	22,2	29,0
IV	23,68	10,37	19,32	29,6	33,1
V	31,45	29,48	45,79	40,7	38,0
VI	38,48	16,96	18,40	48,1	44,5
VII	45,88	20,27	10,21	59,2	55,8
VIII	51,80	3,29	1,45	70,3	62,1
IX	60,31	3,30	0,12	77,7	76,5
X	68,45	0,85	0,02	85,1	84,3
XI	74,74	1,05	0,01	96,2	98,4
XII	81,96	0,21	0,01	103,6	125,9
XIII	89,17	0,37	0,004	114,7	170,8
XIV	98,42	0,21	0,003	122,1	180,0
XV	105,08	0,10	0,003	133,2	198,2
SRS	35,32	99,00	100	41,4	40,1

Ukupan sadržaj Ra-226 u celom telu i kostima stanovnika SR Srbije zavisi od dnevнog unošenja i dužine vremena unošenja (starosti ljudi).

Prema našim istraživanjima ukupan sadržaj Ra-226 u celom telu čoveka je:

$$C_T = \frac{340 U_v + 136 U_h}{8(1 + 10^{1,4-0,04T}) + (1 + 10^{1,4-0,04T}) e^{-0,01(U_h+U_v)}} \quad (2)$$

gde je C_T - ukupan sadržaj Ra-226 u celom telu (mBq), U_v -unošenje vodom (mBq/dan), U_h - unošenje hranom (mBq/dan), T - vreme unošenja (starost) u godinama.

Ukupan sadržaj Ra-226 u kostima ljudi je:

$$C_k = \frac{34 U_v + 13,6 U_h}{1 + 10^{1,4 - 0,04T}} \quad (3)$$

gde je C_k u mBq.

Imajući u vidu distribuciju stanovništva SR Srbije po teritoriji i po starosti, srednja vrednost ukupnog sadržaja Ra-226 u celom telu iznosi 1142 mBq u dece starosti 3 godine, do 2246 mBq u osoba starih 80 godina.

Ukupan sadržaj Ra-226 u kostima stanovnika Srbije prosečno je 965 mBq (96 mBq u dece starosti do 3 god., do 1896 mBq u osoba starih 80 godina).

ZAKLJUČCI

Na osnovu izučavanja Ra-226 u ekološkom sistemu stanovnika SR Srbije koja smo vršili u periodu od 1961. do 1985. godine možemo zaključiti:

1. Na teritoriji SR Srbije postoji 15 vrsta radiobiogeohemijskih zona karakterističnih po različitom sadržaju radijuma 226.

2. U tehnološki nepromenjenim uslovima postoji visoka korelacija između klase radiobiogeohemiske zone i nivosa ozračivanja ljudi koji u toj zoni žive.

3. Dominantnu ulogu u sadržaju radijuma-226 u ljudskom organizmu u SR Srbiji ima unošenje ovog radionuklida putem vode.

4. Srednja vrednost sadržaja radijuma-226 u celom telu prosečnog stanovnika SR Srbije iznosi 1142 mBq u njegovim kostima 965 mBq. Odnos sadržaja radijuma-226 za kosti /celo telo iznosi srednje 0,84.

Abstract:

In the territory of Serbia there are 15 kinds of radio-biogeochical zones where Ra-226 concentration in soil was found to be from 1,67 mBq/kg to 105,08 Bq/kg (average 35,32 mBq/kg).

The average daily intake of Ra-226 for inhabitants was found to be through diet 44,1 mBq/day, and through water 40,1 mBq/day.

The average level of Ra-226 contained in whole human body was found to be 1142 mBq and in bones 965 mBq in SR Serbia.

Literatura:

1. Simić A. Radijumterapija. str. 10, Štamparija centralnog higijenskog zavoda, Beograd, 1937
2. Bequerel H., Curie P.: Action physiologiques des r.du radium. C.R.Ac. des Sciences, p.1289,1901
3. Curie P., Yovanovitot D.: Sur l accr. du debit de chaleur des sels de radium par formation de polonium.
I. de Phys. et le Radium, fev. 1925
4. Jovanović D.: Apsorpcija gama zraka radijuma kroz materiju. VI svetski kongres lekara, Split. 1930
5. Jovanović D., Savić P.: Sur l etude colorimetrique de l absorption des rayons gama du radium. C.R.Ac.Sciences, T.193,1931.
6. Jovanović D.: O radioaktivnim vodama Kraljevine Jugoslavije. Glasnik Srp. kr. akademije, 29.IV 1931.
7. Radovanović R.: Radium-226 dans le sol et la flore.
Comp.Rend.Com.Fr-Yu.,III-3. Paris,1966.

8. Radovanović R., Mijatović Lj., Vukotić M., Hajduković D.: Correlation between exposure dose of natural gamma radiation and concentration of U, Ra-226 and Pb-210 in flood and animal bones. Sec. Int.Cong. Rad.Prot,Assoc., Brighton, 1970.
9. Moračić Lj., Radovanović R., Vukotić M.: Odredjivanje prirodnih radionuklida u hrani. III Zbornik radova JDZZ, str. 316-320. Banja Luka, 1967.
10. Radovanović R., Mijatović Lj., Vukotić M., Hajduković D.: Regionalna raspodela sadržaja prirodnih radionuklida u SR Srbiji i nivo ozračivanja populacije. V Zbornik rado-va JDZZ. Nr/06- str. 1. - 11. Bled, 1970.
11. Vukotić M.: Radioekološka studija Ra-226 na tebitoriji SR Srbije Magistarski rad, Farmaceutsko-biohem.fskultet, Zagreb, 1973.
12. Vinogradov A.P.: Geobimija redkih i rassejenih elementov v počvah. Izd., Moskva, Izd-vo ANSSSR, 1957.
14. Vinogradov A.P.: Osnovne zakonomernosti v raspredelenii mikroelementov među rastenijem i sredoj. Izd-vo ANSSSR, Moskva, 1952.
14. Pradel J., Fuhrmann Beneix E.: Bull. d. Inform. Scient. et Techn. Fr. N°2, 1956, 12 (CEN.S.).
15. Vojtkević G.V.: Radioaktivnost v istorii zemli. Moskva "Nauka", 1970.
16. Vernadskij V.I.: O značenii radiogeologidlja sovremenoj geologiji . Izbr. soč., MOSKVA, Izd-vo ANSSSR, 1954.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13.06.1985.

Mijatović Lj., Brnović R.

Institut za medicinu rada i radiološku
zaštitu "Dr Dragomir Karajović"-Beograd

ISPITIVANJE KORELACIJE IZMEDJU OLOVA-210 i STRONCIJUMA-90
u LJUDSKIM KOSTIMA

Rezime. Olovo-210 i stroncijum-90 su proizvodi prirodnog, odnosno-veštačkog fall-outa., i pokazuju velike sličnosti u svom ponašanju u atmosferi, načinu i veličini depozicije na zemljište i okolni biljni svet. Ispitivana je i potvrđena korelacija izmedju ova dva radionuklida u ljudskim kostima. Izračunati faktori linearne korelacije za dve različite starosne grupe iznose +0,926, odnosno +0,461.

Uvod:

Olovo-210 i stroncijum-90 su izrazito osteotropni elementi. Imaju vrlo značajnu ulogu u internoj kontaminaciji čovečjeg organizma. Naročito je podvučena opasnost za mlade organizme kod kojih je dominantan proces stvaranja i rasta nove kosti.

Biološka vremena poluraspada olova-210 i stroncijuma-90 depo-novanih u ljudskim kostima iznose 12,5 odnosno 17,5 godina. U čovečiji organizam dospevaju najvećim delom preko hrane i vode /prema našim istraživanjima preko 95% kontaminacije ide preko ovih izvora za profesionalno neekspoziciono stanovništvo/. Iako različitog porekla, slično se ponašaju na svom putu od atmosfere do čovečijeg organizma, što je i bio razlog za ispitivanje njihove korelacije u ljudskim kostima.

Metode rada:

Uzorci kostiju podeljeni su u dve starosne grupe: I-uzorci kostiju dece do godinu dana, i II-uzorci kostiju osoba od godinu dana i starijih. Uzorci su dobijeni sa Instituta za sudsku medicinu u Beogradu.

Koncentracija Pb-210 odredjivana je radiohemijском методом/1/. Koncentracija Sr-90 odredjivana je radiohemijском методом/2/.

Rezultati ispitivanja i diskusija:

Na tabeli 1. prikazani su rezultati analiza.

U starosnoj grupi I prosečne vrednosti iznose $107,6 \pm 38,5 \text{ mBq Sr-90/grCa}$, i $7,4 \pm 2,8 \text{ mBq Pb-210/grCa}$.

U starosnoj grupi II prosečne vrednosti iznose $48,2 \pm 26,0 \text{ mBq Sr-90/grCa}$ i $4,0 \pm 2,3 \text{ mBq Pb-210/grCa}$.

Na osnovu testiranja dobijenih vrednosti očekivane vrednosti koncentracija olova-210 zadovoljavaju jednačinu:

$$y = 0,067 x + 0,216 \quad - \text{grupa I}$$

$$y = 0,0405 x + 2,059 \quad - \text{grupa II}$$

U grupi I je konstatovana izrazito visoka linearne korelacija izmedju koncentracija olova-210 i stroncijuma-90 deponovanih u kostima. U grupi II takođe je ustanovljen stepen medjuzavisnosti izmedju ova dva parametra, no isti je daleko umereniji u poređenju sa grupom I. Koeficijent linearne korelacije za grupu I iznosi $+ 0,926$, za grupu II $+ 0,461$. Glavni izvor kontaminacije čovečijeg organizma olovom-210 i stroncijum-90 su prehrambeni proizvodi. Kako je najvažnija hrana dece do godinu dana, mleko, straga korelacija u kostima grupe I je posledica korelacije ovih radionuklida u travi /sličnost u načinu i veličini depozicije iz atmosfere/, odnosno kravljem mleku. Kod grupe II je stepen korelације niži jer se starije stanovništvo hrani različitim vrstama proizvoda koji vode preklo sa područja sa različitim sadržajem stroncijuma-90.

Abstract

Correlation between the concentrations of Pb-210 and Sr-90 in human bones was investigated.

The value of the linear correlation coefficient is $+ 0,926$ for the infant bones, and $+ 0,461$ for the bones of older persons. The correlation is caused by similar behaviour in atmosphere, rate and mode of deposition, of these radionuclides.

Tabela 1.

Koncentracije Pb-210 i Sr-90

G r u p a I	1 god. /uključujući mrtvorodjenčad/	Pb-210/Sr-90
Sr-90mBq/grCa	Pb-210mBq/grCa	
81,4	5,1	0,062
77,7	6,2	0,080
140,6	12,3	0,088
81,4	5,8	0,072
77,7	5,4	0,070
103,6	7,2	0,070
99,9	7,2	0,072
107,3	7,1	0,066
177,6	11,2	0,062
181,3	11,8	0,065
92,5	4,8	0,052
70,3	4,8	0,068
SR.VR.107,6±38,5	7,4±2,8	0,069

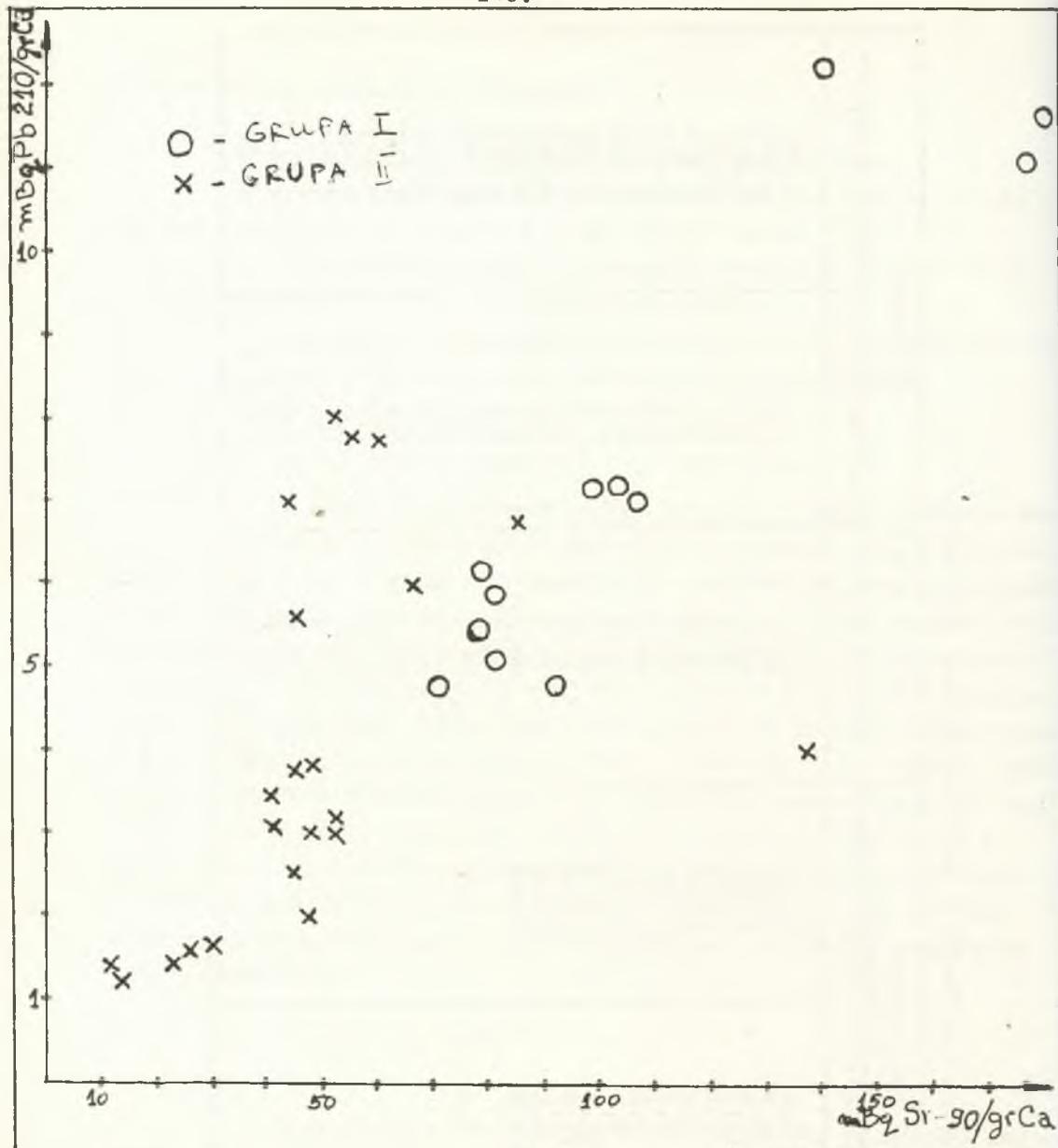
i ljudskim kostima

G r u p a II

X l god.

Sr-90mBq/grCa	Pb-210mBq/grCa	Pb-210/Sr-90
,44,4	3,8	0,085
48,1	2,0	0,041
44,4	2,6	0,058
29,6	1,7	0,057
51,8	3,0	0,058
44,4	5,6	0,126
48,1	3,8	0,079
51,8	3,1	0,060
11,1	1,4	0,126
40,7	3,4	0,083
25,9	1,6	0,062
40,7	3,1	0,076
48,1	3,0	0,062
85,1	6,8	0,080
66,6	6,0	0,029
136,9	4,0	0,074
55,5	7,8	0,140
11,1	1,2	0,108
51,8	8,0	0,154
44,4	7,0	0,157
22,2	1,6	0,072
59,2	7,8	0,132
SR.Vr.48,2+26,0	4,0+2,3	0,082

139.



Literatura:

1. Lj. Moračić: Determination de RaD
II Colloque sur la radioprotection franco-yougoslave,
Herceg-Novi, 1966
2. R.Brnović: Metoda za određivanje Sr-90 sa aluminijumom kao
povlačivačem za Y-90. Naučno-tehnički pregled, 1971, br. 8.
3. Morgan et al. Relative hazard of the various radioactive
materials, Health physics, 10/1964/.
4. Radioaktivnost životne sredine u SR Srbiji - Završni
elaborat IMRRZ.
5. Blachard, R.L. Nature, N° 5052 /1966/.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

M. Maračić, D. Cesar, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

RADIOAKTIVNOST ŽIVOTINJSKIH KOSTIJU

SAŽETAK

U radu su izneseni rezultati ispitivanja nivoa radioaktivnosti kostiju nekih domaćih životinja i divljači za period od 1977-1984. s obzirom na sadržaj ^{90}Sr . Na osnovu rezultata mjerjenja može se zaključiti da je depozicija ^{90}Sr u kostima neravnomjerna s obzirom na uzrast i vrstu kosti.

UVOD

Pored smanjenja nuklearnih pokusa i eksplozija u svijetu, u geografskom pojasu od $40-50^{\circ}$ sjeverne širine gdje se nalazi i naša zemlja nadalje se kontrolira zagadjenje atmosfere koje od njih potječe.

Jedan od najvažnijih dugoživućih fisionih produkata koji se deponira isključivo u kostima je ^{90}Sr . Radioaktivna kontaminacija životinja i njihovih produkata ima posrednu ali sve značajniju ulogu u sveukupnom radioaktivnom zagadjivanju stanovništva. (1).

MATERIJAL I METODA

Uzorci su uzimani sa područja sjeverozapadne Hrvatske od individualnih poljoprivrednih proizvodjača, kako bi se izbjegla eventualna greška u porijeklu životinja koje se kolju u klaonicama.

Mineralizacija uzorka vršena je spaljivanjem na 800°C u pećima za spaljivanje. ^{90}Sr je određen preko ^{90}Y ekstrakcijom tributilfosfatom. (2).

REZULTATI I DISKUSIJA

Od uzoraka životinjskih kostiju na ^{90}Sr analizirane su duge kosti goveda i svinja s izuzetkom jedne kosti (lopatice) svinje iz 1982.

U tabeli 1. navedeni su podaci za govedo od 1977-1984. godine sa područja Zagreba, Vrbovca, Bistre, Bjelovara, Zadra i Zlatara.

Tabela 1. ^{90}Sr u životinjskim kostima (govedo)

Godina	mjesto	dob	vrsta kosti	^{90}Sr	
				mBq/gCa	Bq/kg svježeg
1977.	Zadar	8 mј.	duga	1321,64	150,67
1978.	Bistra	15 god.	"	212,75	24,25
	"	10 mј.	"	1069,67	121,94
1979.	Zagreb	1 god.	duga	856,18	97,60
1981.	"	10 god.	"	664,80	75,78
1982.	"	8 god.	"	748,24	85,30
1979.	Bjelovar	9 god.	duga	229,40	26,15
1980.	"	14 mј.	"	790,20	90,08
1981.	Vrbovec	4 god.	duga	125,19	14,27
1982.	"	11 mј.	"	126,12	14,38
1983.	"	17 mј.	"	169,31	19,30
1984.	Zlatar	1 god.	duga	178,30	20,15

Analizirane su samo duge kosti goveda ali različite starosti, radi lakše interpretacije i usporedbe rezultata objavljenih ranije (3).

Može se konstatirati da je aktivnost ^{90}Sr znatno opala u odnosu na aktivnost iz razdoblja od 1964-1975. Izmjerene aktivnosti kreću se od 125,19 do 1321,64 mBq/gCa. Nešto viša aktivnost ^{90}Sr izmjerena je u Bistri 1978. godine i to 1069,67 mBq/gCa, te u Zadru vrijednost od 1321,64 mBq/gCa iz 1977. godine.

Tabela 2. ^{90}Sr u životinjskim kostima (svinja)

Godina	mjesto	dob	vrsta kosti	^{90}Sr	
				mBq/gCa	Bq/kg svježeg
1977.	Zagreb	7 mј.	duga	153,55	18,27
1980.	"	8 mј.	"	342,05	38,64
1982.	"	1 god.	"	237,60	28,27
1977.	Vrbovec	9 mј.	duga	107,67	12,81
1981.	"	9 mј.	"	17,87	2,14
1982.	"	6 mј.	"	44,83	5,35
1983.	"	6 mј.	"	30,60	3,64
1978.	Bistra	1 god.	duga	255,30	30,38
"		6 mј.	"	562,40	66,93
1981.	"	10 mј.	"	472,28	56,20
1982.	"	10 mј.	lopatica	576,53	68,60
1983.	"	11 mј.	duga	263,85	31,40
1979.	Bjelovar	9 mј.	duga	416,99	49,62
"		6 mј.	"	337,44	40,15
1980.	"	10 mј.	"	470,31	55,97
1977.	Zabok	1 god.	duga	239,76	28,53
1984.	Zlatar	7 mј.	"	60,80	7,24

Pogledaju li se rezultati aktivnosti ^{90}Sr kod svinja, može se reći da su se vrijednosti ustalile i da nije nigdje veća od 576,53 mBq/gCa. Kod goveda je situacija nešto drugačija nego kod svinja, pa proizlazi da aktivnost ovisi o vrsti hrane kojom se hrane domaće životinje.

Razmotre li se rezultati dobiveni kod divljači vidimo da je srna aktivnija za faktor 10 u odnosu na zeca iz 1981. i 1982. Aktivnost u 1983. je znatno opala kod srna, a neznatno porasla kod zeca i fazana.

Ne može se sa sigurnošću utvrditi da li je ovo povećanje aktivnosti kod srna posljedica utjecaja kineskih nuklearnih eksplozija, ili je razlog dohranjivanja srna u lovnim gazdinstvima, jer aktivnost kostiju ovisi i o aktivnosti sileže i koncentrata kojim se dohranjuju.

Tabela 3. ^{90}Sr u kostima divljači (sjeverozapadna Hrvatska)

Godina	naziv	vrsta kosti	^{90}Sr	
			mBq/gCa	Bq/kg svježeg
1981.	srna	duga	1746,77	155,39
1982.	"	"	3105,29	273,27
1983.	"	"	359,68	31,65
1981.	zec	cijeli	167,84	6,22
1982.	"	"	324,12	11,99
1983.	"	"	373,29	13,81
1981.	fazan	cijeli	58,06	0,53
1982.	"	"	67,90	0,74
1983.	"	"	145,67	1,33

Na osnovu iznesenih rezultata može se zaključiti da aktivnost ^{90}Sr kod kostiju domaćih životinja i divljači ovisi o faktorima kao što su: vrsta kosti, dob, klimatski i geografski uvjeti sa kojeg potječe na što ukazuje disperzija rezultata.

ABSTRACT

RADIOACTIVITY OF ANIMAL BONES

The radioactivity of ^{90}Sr in the bones of some domestic as well as the wild animals is given for the period 1977-1984. It could be concluded that deposition of ^{90}Sr in bones is not related to age and kind of bone.

LITERATURA

1. Freiling E.C.: Am. Chem. Soc. Washington D.C. 427-435, 1970.
2. Horšić E., Milošević Z., Bauman A.: Veterinaria 26, 4(542), 1977.
3. Bauman A., Franić N., Baumštark M.: Veterinaria 27, 4(505-508), 1978.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se tehničkom suradniku Mariji Baumštark na pomoći.

XIII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13.lipnja 1985.

Stegnar P. in Kobal I.

Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja, Ljubljana

DOLOČANJE TRITIJA V BIOLOŠKIH VZORCIH

Izvleček: Opisan je postopek liofilizacije za ekstrakcijo vode iz bioloških vzorcev in določanje tritija v ekstrahirani vodi.

Uvod

V biološkem materialu je tritij kemično organsko vezan in v obliki vode.

Če hočemo določiti kemično vezani tritij, moramo vzorec najprej razkrojiti in ga pripraviti v obliki raztopine. V ta namen uporabljamo suho in mokro sežiganje ter solubilizacijo. Pri tem je potrebna skrbna izbira kemikalij zaradi števne zmesi.

Zaenkrat nas je zanimala samo voda v bioloških vzorcih. Vodo lahko ekstrahiramo iz vzorca z liofilizacijo (1,2), destilacijo pri visokih temperaturah (3), destilacijo s topilom (4) in azeotropno destilacijo (4).

Vsek od navedenih postopkov ima svoje prednosti in pomanjkljivosti.

Izbira je odvisna od vrste biološkega vzorca in od opremljenosti laboratorija. Tako smo se odločili za liofilizacijo pri ribah ter liofilizacijo in destilacijo pri medu. Pod destilacijo je mišljena običajna vakuumská destilacija. Edino dovodni zrak smo sušili, da ne bi prišlo do kontaminacije vzorca s tritijem v zračni vlagi. Paziti moramo tudi, da poteče destilacija do konca, ker bi sicer dobili v destilatu premalo tritija zaradi izotopnega frakcioniranja vodika (5).

Aparatura in postopek

Za liofilizacijo smo izdelali aparaturo iz stekla pyrex, ki je prikazana na sliki. Sistem evakuiramo z enostopenjsko rotacijsko vakuumsko črpalko. Za hlajenje pasti rabimo tekoči dušik. Voda iz biološkega vzorca se kondenzira v obliki ledu na zunanjji površini ohlajene bučke. Po končanem sušenju past segrejemo in ekstrahirano vodo prenesemo v posodo za pripravo števne zmesi.

Izredno pomembno pri celotnem postopku liofilizacije je preprečevanje kontaminacije vzorca, na primer s tritijem v zračni vlagi in v olju vakuum-ske črpalke. V ta namen je sistem opremljen z dodatnimi sušilnimi pastmi. Poleg tega pa je koristno še občasno ugotavljanje aktivnosti tritija v zraku in v olju.

Sistem dovoljuje maso biološkega vzorca do 2 kg (kar je potrebno zaradi zaenkrat nizkih aktivnosti tritija v bioloških vzorcih), hitrost ekstrakcije pa je tolikšna, da je vzorec posušen v 2 do 3 dneh.

Rezultati in razprava

Z opisanim postopkom liofilizacije smo pripravili vzorce rib in medu s kontaminiranega področja (Oak Ridge National Laboratory). Rezultati so zbrani v tabeli¹.

Tabela 1: Koncentracije tritija v vodi v ribah in medu

Vzorec	H-3 (Bq/kg)
Ribe:	2700
	2550
	2070
	2450
Med:	2810
	2260
	1150
	480
	370
	pod mejo občutljivosti
	pod mejo občutljivosti
	pod mejo občutljivosti

Pri nekaj vzorcih medu smo vodo ekstrahirali tudi z destilacijo. Tabela 2 prikazuje primerjavo rezultatov, dobljenih z liofilizacijo in destilacijo.

Tabela 2: Primerjava rezultatov določitev H-3 v vzorcih, dobljenih z liofilizacijo in destilacijo

Vzorec	$H-3/Bq m^{-3}$	
	liofilizacija	destilacija
1	3960	4145
2	3885	3995
3	4035	-

Čeprav se rezultati obeh postopkov zadovoljivo ujemajo, je po naših izkušnjah liofilizacija tudi za tekoče vzorce bolj primerna od destilacije.

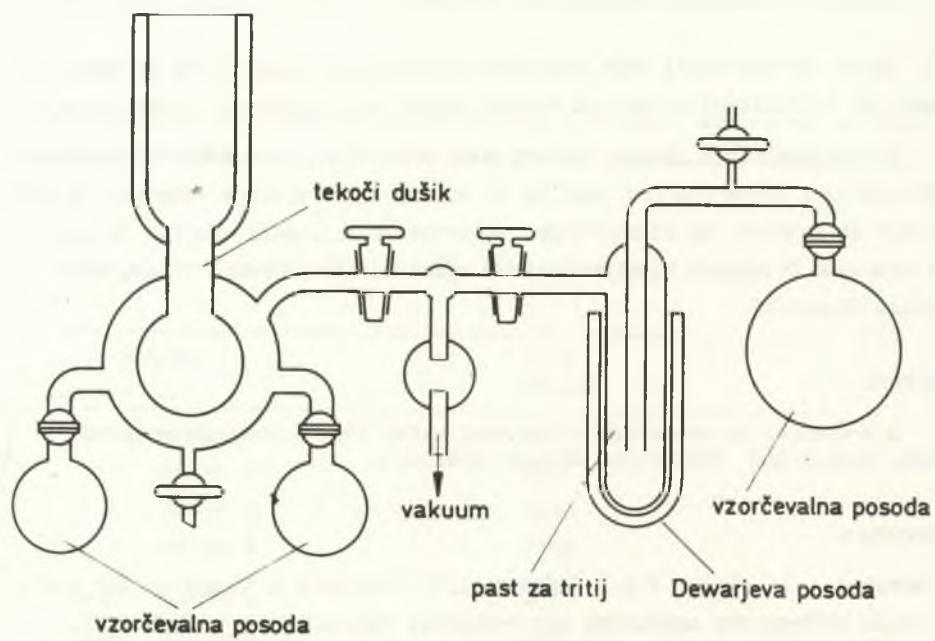
Za potrebe radiološkega nadzora Nuklearne elektrarne Krško bo potrebno liofilizirati večje vzorce, tako da bo volumen ekstrahirane vode vsaj 1 dm^3 , kolikor je potrebno za elektrolizo. Aktivnost v bioloških vzorcih je vsaj pri sedanjem delovanju elektrarne tako nizka, da bo potrebno tritij pred analizo obogatiti.

Abstract

A procedure is described to extract water from biological material (fish, honey) and subsequent tritium analysis.

Literatura

1. Koranda J.J., Phelps P.L., Anspaugh L.R., Holladay G "Sampling and analytical systems for measuring environmental radioactivity", IAEA 1971, Rapid Methods for Measuring Radioactivity in the Environment, str.587.
2. Stewart M.L., Kline L.R., Jordan C.F., "A tritiated water recovery system", Int.J.Apol.Radiat.Isotope 1972, 23, 387.
3. Moore R., Buskirk E.R., "Differential sublimation rate of light and tritium-labelled water", Nature, 1961, 189, 149.
4. National Council on Radiation Protection and Measurements, "Tritium measurement techniques", NCRP Report No.47, 1976.
5. Simpson J.D., Greening J.R., "Preparation of tritiated water samples by distillation", Nature 1960, 186, 467.



Slika 1: Shema liofilizatorja.

XIII JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ O ZAŠČITI PRED SEVANJEM
Pula, 10. - 13. junija 1985

Martinčič R., Miklavžič U., Pucelj B.
Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja, Ljubljana

REDNI OBHODI OKOLICE NE KRŠKO

Izvleček

V referatu pojasnjujemo namen, strategijo in potek rednih obhodov okolice NE Krško, ki jih v okviru radiološke dejavnosti opravlja Ekološki laboratorij z mobilno enoto kot del rednega nadzora okolice NEK. Ti obhodi so za pravilno, hitro in učinkovito ukrepanje ob morebitni nesreči v NEK izrednega pomena.

V skladu s Programom rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško (program B in C) Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) opravi vsako leto tri redne obhode okolice NE Krško. Namens teh obhodov je po eni strani primerjava rezultatov meritev ELME z meritvami službe za zaščito pred sevanjem v NEK, po drugi strani pa na ta način najbolj neposredno, na terenu, preverimo delovanje celotnega mobilnega laboratorija in usposobljenost ekip. Ekipe se seznanjajo z okolico NE, s prevoznimi potmi, merilnimi točkami in vrednostmi radioloških parametrov, ki jih običajno srečujemo v okolju. Na tej osnovi stalno dograjujemo Karto spremljanja radiološke situacije ter Operativni plan ukrepanja ob morebitni jedrski nesreči v NEK.

Ob vsakem obhodu, ki je vnaprej skrbno načrtovan, v okolici NEK opravimo meritve radioloških parametrov (hitrost døze, površinska kontaminacija s sevalci alfa in beta) na 1/3 točk s Karte spremljanja radiološke situacije. V eni od izbranih točk pa preverimo delovanje celotnega mobilnega laboratorija z uporabo lastnega energijskega napajanja. Pri tem je dan poseben poudarek preverjanju postopkov za preprečevanje kontaminacije ekip in opreme. Ta preiskus opravimo enkrat letno v nočnem času in enkrat v zimskih razmerah.

Po vnaprej dogovorjenem in vsklajenem programu opravimo v sami NE primerjalne meritve kritičnih tekočih in plinastih vzorcev ter opravimo vzorčevanje za laboratorijsko analizo H-3, C-14, Sr-89/90 ter izotopov Pu. Te vzorce analiziramo naknadno v laboratorijih, ki so organizacijsko povezani v shemo ELME.

Trenutno v radiološkem mobilnem laboratoriju ELME uporabljamo naslednjo opremo:

- opremo za VL spektrometrijo gama,
- opremo za ostali radiološki nadzor,
- vzorčevalno opremo,
- opremo za merjenje in spremljanje meteoroloških parametrov,
- splošno opremo ter
- dokumentacijo, navodila in zemljevide.

Vsek obhod v povprečju traja tri dni, na obhodu pa vedno sedem eta dve ekipi saj le tako lahko preverjamo tudi organizacijski in komunikacijski del Operativnega načrta ELME.

Ti obhodi so za pravilno, hitro in učinkovito ukrepanje ob morebitni nezgodi v NEK izrednega pomena.

Abstract

Objectives, activities and achievement of regular visits to NPP Krško and surrounding introduced by Ecological Laboratory with Mobile Unit as a part of regular monitoring program is presented. These activities are of most importance for emergency preparedness.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

B. Obelić, I. Krajcar-Bronić

Institut "Ruder Bošković", Bijenička cesta 54, Zagreb

MJERENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI ^{14}C U OKOLIŠU
NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

SAŽETAK: Izmjerena je aktivnost izotopa ^{14}C u atmosferskom ugljičnom dioksidu, povrću, travi i godovima drveća u bliskoj okolini Nuklearne elektrane Krško. Rezultati, prikazani na dijagramima, pokazuju da nema većeg odstupanja u aktivnosti od lokacije do lokacije. Aktivnost na najbliskoj lokaciji (Libna) veća je od ostalih za $2,3\%$. Na osnovu ove razlike, uz disperzionalni faktor od 10^{-6} s/m^3 izračunat je godišnji isput ^{14}C u atmosferu od $0,1 \text{ TBq}$.

Ravnotežno stanje od $(13,6 \pm 0,7) \text{ dpm/g}$ prirodno nastalog izotopa ugljika ^{14}C narušeno je tokom industrijske revolucije, a naročito nakon drugog svjetskog rata, kada su velike količine izotopa ^{14}C ispuštene u atmosferu uslijed termouklearnih pokusa. Specifična aktivnost izotopa ^{14}C je jako porasla, dosegavši 1963. godine svoj maksimum koji je u sjevernoj hemisferi iznosio oko 200% od prirodne aktivnosti, da bi se narednih godina postupno smanjivala. Lokalna odstupanja od ovog globalnog trenda specifične aktivnosti ^{14}C posljedica su izgaranja fosilnog ugljena u industrijskim područjima, što dovodi do smanjenja regionalne koncentracije izotopa ^{14}C , te emisije izotopa ^{14}C iz nuklearnih postrojenja koja rezultira u povećanju regionalne koncentracije aktivnosti ^{14}C . Izotop ^{14}C ima vrijeme poluraspada 5730 godina i - nakon što je ispušten u atmosferu - predstavlja dugotrajnu kontaminaciju. Zbog dugog vremena poluživota koncentracija ^{14}C koji se neprestano ispušta će se proporcionalno povećati, te će stalno doprinositi globalnoj kolektivnoj dozi.

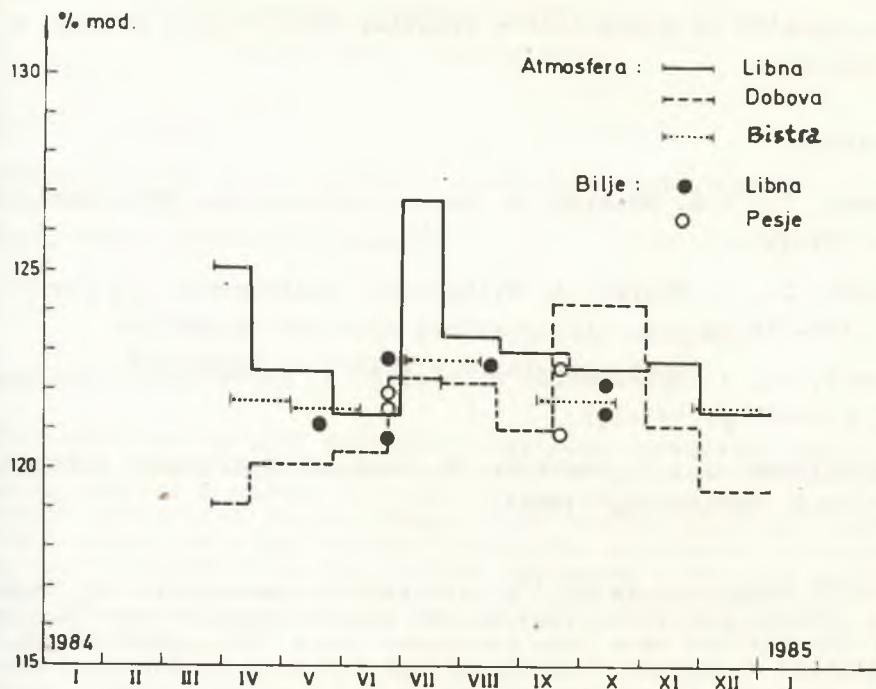
Mjerenja koncentracije aktivnosti radioaktivnog ugljika u okolišu NE Krško započeta su početkom 1984. godine. Odabrane su tri mjerne točke: Gornja Libna (1,5 km od elektrane), Dobova (20 km) i Bistra (35 km). Takoder su mjerene koncentracije aktivnosti ^{14}C u jednogodišnjem bilju (povrće, žitarice), te u travi

(sijeno, otava). Radi rekonstrukcije koncentracija aktivnosti ^{14}C u okolišu NE Krško od početka njenog rada, mjerila se koncentracija aktivnosti ^{14}C u godovima drveta lipe (Tilia sp.) koja je rasla oko 1500 m od elektrane. Kako bi se izuzeo utjecaj antropogenih faktora, kao kontrolno područje odabранo je rijetko naseljeno područje Nacionalnog parka Plitvice, gdje su u proteklih nekoliko godina izvršena mjerjenja koncentracije aktivnosti ^{14}C u zraku i u bilju.

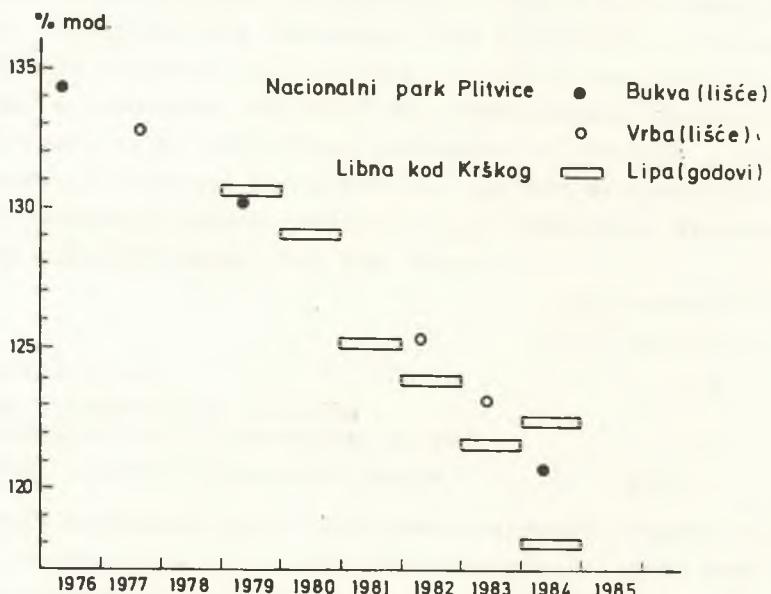
Uzorci se sakupljaju na taj način da se CO_2 iz atmosfere apsorbira u natrijevoj lužini stvarajući natrijev karbonat. Iz njega se u laboratoriju razvija ugljični dioksid djelovanjem solne kiseline /Srdoč & al., 1979/. Organski uzorci se spaljuju u struji čistog kisika /Srdoč & al., 1971/. Reakcijom ugljičnog dioksida s vodikom na temperaturi od 450°C , uz prisustvo rutenija kao katalizatora, dobiva se metan koji se koristi kao brojački plin u proporcionalnom brojaču.

Rezultati mjerjenja koncentracije aktivnosti izotopa ^{14}C u atmosferi okoliša NE Krško (Sl. 1) ne pokazuju signifikantne varijacije između pojedinih mernih točaka. Ipak, nadeno je srednje povišenje koncentracije ^{14}C od 2,3 % na lokaciji najbližoj elektrani. Maksimum povišenja (4,5 %) koincidira s godišnjom izmjenom trećine gorivih elemenata u reaktoru. Koncentracije aktivnosti ^{14}C u biljkama ne pokazuju veća medusobna odstupanja i u skladu su s atmosferskom koncentracijom ^{14}C na sjevernoj hemisferi. Koncentracija aktivnosti ^{14}C u godovima lipe oborenim na području Libne (1,5 km od dimnjaka Nuklearne elektrane), kao i rezultati mjerjenja nekontaminiranih referentnih uzoraka s područja Nacionalnog parka Plitvice pokazuju opći slijed koncentracije aktivnosti ^{14}C na sjevernoj hemisferi (Sl. 2).

Na osnovu povišenja koncentracije aktivnosti ^{14}C u okolišu NE Krško, te disperzionog faktora od 10^{-6} s/m^3 na udaljenosti od 1500 m, dobiva se godišnji ispust /Levin & al., 1980/ reda veličine 0,1 TBq (2,7 Ci), što je u skladu s vrijednostima dobivenim kod drugih elektrana /Winkelmann, 1982/. Ovaj rezultat, međutim, daje samo red veličine ispuštene aktivnosti ^{14}C , jer se disperzionalni



Slika 1. Koncentracija aktivnosti ^{14}C u atmosferi i okolišu NE Krško



Slika 2. Koncentracija aktivnosti ^{14}C u lišću (Nacionalni park Plitvice) i godovima lipa (Libna kod krškog) tokom zadnjih godina

faktor temelji na disperzionim uvjetima preko cijele godine, a oni se mijenjanju.

Literatura

1. Levin, I., K.O. Münnich, E. Weiss; Radiocarbon, 22 (1980), p. 379-391.
2. Srdoč, D., B. Breyer, A. Sliepčević; Radiocarbon, 13 (1971), p. 135-140.
3. Srdoč, D., A. Sliepčević, B. Obelić, N. Horvatinčić; Radiocarbon, 21 (1979), p. 131-137.
4. Winkelmann, I., P. Gasewsky, K. Vogt, J. Schwibach; ISH-Bericht 10, BGA, Neuherberg (1982).

ABSTRACT: Measurements of ^{14}C activity of atmospheric CO_2 , vegetables, cereals and tree rings in the surroundings of the Nuclear Power Plant Krško have been performed since 1984. Results gave no significant departure from the global activity of Northern hemisphere. However, an average excess of 2,3 % at the closest sampling point was found. The calculation of the ^{14}C release was based on the dispersion factor 10^{-6} s/m^3 and gave an estimated value of 0,1 TBq per year.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Molak B.¹⁾ i Srdoč D.²⁾

Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo
i zanatstvo SRH¹⁾

Institut "Ruder Bošković", Zagreb²⁾

RACIONALNA KONTROLA KONTAMINACIJE OKOLINE
NUKLEARNE ELEKTRANE U NORMALNOM POGONU

SAŽETAK: Kontrola okoline nuklearne elektrane u redovnom pogonu samo je periferno pitanje nuklearne sigurnosti zbog gotovo zanemarivog rizika po okolini u odnosu na teške nesreće koje se mogu dogoditi razaranjem reaktorske jezgre. Stoga treba razumno planirati kontrolu okoliša u odnosu na druge aspekte nuklearne sigurnosti. Prikazan je prijedlog racionalne kontrole okoliša nuklearne elektrane na osnovi proračuna disperzije radionuklida u okolišu i eksperimentalnih rezultata višegodišnjeg praćenja koncentracije radionuklida ^{3}H i ^{14}C u okolišu L.R. Krško.

Uvod

Nuklearna elektrana sadrži znatne količine radioaktivnih izotopa, čije nekontrolirano oslobođanje u okoliš može imati teške posljedice. Elektrana tipa PWR snage 1000 MWe sadrži u jezgri reaktora oko 3×10^{20} Bq radioaktivnih izotopa, primarni rashladni krug do 2×10^{14} Bq, a sekundarni do 2×10^5 Bq. Kontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari niske specifične aktivnosti u vodotoke i atmosferu ne predstavlja opasnost po okoliš, za razliku od havarija koje pro-uzrokuju razaranje jezgre reaktora (1,2). Očekivano ispuštanje za elektranu tipa PWR snage 1000 MWe iznosi:

Ekvivalent I-131
(10^{10} Bq/reaktor x god)

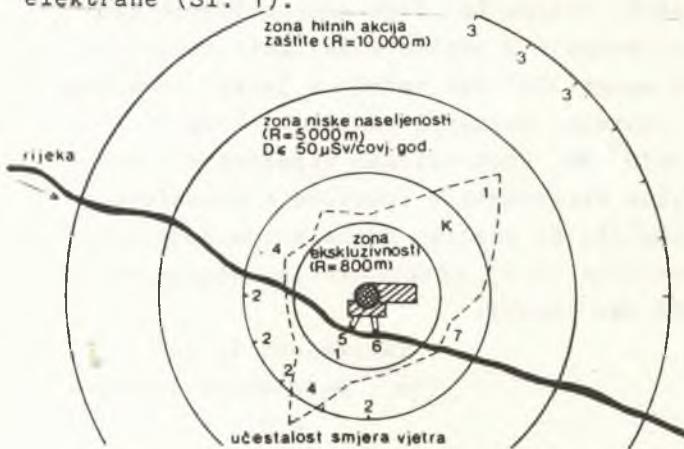
Normalni rad	6,3
Tzv. projektirane nezgode (radionuklidi iz primarnog kruga)	0,4 - 1,1
Teške nesreće (razaranje jezgre)	2000

Rizik normalnog rada i tzv. projektiranih nezgoda elektrane, očito je zanemariv u odnosu na teške nesreće u kojima može doći do razaranja jezgre.

Program kontrole okoliša

Pri izradi programa mjerjenja kontaminacije okoliša valja uzeti u obzir podatke o godišnjim količinama ispuštenih radionuklida i

njihovoj radiotoksičnosti, zatim o specifičnim aktivnostima efluenata i dimnih plinova, o hidrološkim i meteorološkim uvjetima u okolišu, te o doprinosu ozračenju stanovništva u odnosu na prirodno zračenje i druge izvore zračenja. Nadalje, za svaku nuklearnu elektranu u normalnom radu treba odrediti doprinos ozračenju stanovništva u bliskom okolišu. Uobičajeno je da se područje oko elektrane podijeli u nekoliko zona (Sl. 1). U normalnom radu elektrane postavlja se uvjet da stanovništvo u zoni niske naseljenosti ne smije u prosjeku biti ozračeno dozom većom od $50 \mu\text{Sv}/\text{čovjek} \times \text{god}$. Pri normalnom radu elektrane to ozračenje je najčešće znatno manje (3). Budući da su ispuštanja radionuklida iz nuklearne elektrane u normalnom radu vrlo mala (3,4), veoma ih je teško mjeriti zbog razrjedenja u okolišu, pogotovo na većim udaljenostima od elektrane. Zbog toga se kod modernih nuklearnih elektrana primjenjuje kontrola na ispustima u okoliš i u njihovoj neposrednoj okolini. Proračuni doza zračenja najčešće se obavljaju matematičkim modelima širenja nuklida u okoliš (5,6). Na osnovu dosadašnjih rezultata praćenja aktivnosti rijeke Save (10) i atmosfere (11), te svjetskih iskustava u kontroli okoliša nuklearnih elektrana, npr. u SR Njemačkoj (7,8,9), smatramo potrebnim da se kontrola okoliša kod nas provede mjeranjima prikazanim na Tabeli 1. Pozicije mjeranja u tabeli odnose se na oznake na shematskom prikazu zona oko nuklearne elektrane (Sl. 1).



Sl. 1. Shematski prikaz zona u okolišu nuklearne elektrane s oznakom pozicije mjernih točaka

Pri izradi programa mjeranja u okolišu na osnovu novog Zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja (Sl. list 62/84, čl. 9), izuzetno je važno definirati slijedeće:

1. svrhu svakog pojedinog mjeranja
2. odgovornog stručnjaka-autora programa
3. tehničku mogućnost mjeranja (očekivana specifična aktivnost u odnosu na prag detekcije mjeranja)
4. vrste mjeranja i analize mjernih rezultata koje treba sadržavati godišnji izvještaj.

Tabela 1. Rutinska kontrola okoliša nuklearne elektrane u normalnom radu

Vrsta mjerenja	Mjesto mjerenja/ uzorkovanja/	Učestalost
<u>I ZRAK</u>		
1. Kontinuirano mjerenje gama zračenja	2 mjerena mesta u području najvećeg utjecaja (smjer i brzina vjetra, visina ispusta) Pozicija 1 - vidi Sl. 1	Kontinuirano
2. Kont. sakupljanje aerosola; mjerenje beta akt. i <u>gama</u> spektroskopija	isto	Beta svakih 14 d Gama kvartalno
3. Kontinuirano sakupljanje I-131	isto	I-131 svakih 14 d
4. Gama doza (TLD) ili on line sistem dozimetrije	16 dozimetara $r=1,5$ km, (poz. 2) 32 dozimetra $r=10$ km, (poz. 3) (ujedno služe za teže aksidente)	Jednom godišnje (integrirana doza)
5. Periodično mjerenje gama i aerosola	na raznim pozicijama u zoni niske populacije	na zahtjev
<u>II TLO I VEGETACIJA</u>		
1. Mjerenje radioaktivnosti tla	na raznim pozicijama u zoni niske populacije	na zahtjev
<u>III PREHRAMBENI LANAC U ZEMLJI</u>		
1. Kravljе mlijeko: beta akt. i gama spektroskopija I-131	kod najbližeg proizvođača (poz. K) u području najvećeg utjecaja elektrane	tri puta za vrijeme ispaše
2. Poljoprivredni proizvodi, beta akt. i gama spektroskopija	isto	jednom mjesечно za ispaše
	isto	jednom godišnje
<u>IV VODE I PODZEMNE VODE</u>		
1. Kont. sakupljanje uzoraka vode: beta akt. i gama spektroskopija	usisni i izljevni kanali nukl. elektrane (poz. 5 i 6)	jednom mjesечно
2. Slučajni uzorak vode (beta i gama)	bušotina ili vodovod u akvifenu koji je u kontaktu s rijekom (poz. 7)	jednom godišnje
<u>V PREHRAMBENI LANAC U VODI</u>		
1. Slučajni uzorak plankton, suspendirana tvar (beta akt. gama spektroskopija)	izljevni kanal (poz. 6)	svakih 6 mjeseci

Također je važno procijeniti društvenu opravdanost ulaganja materijalnih sredstava za mjerjenje u odnosu na korisnost, odnosno upotrebitost rezultata. Izuzetno je važno da se osigura slobodan pristup rezultatima mjerjenja s prikladnim objašnjenjem za širu javnost. Učesnici programa kontrole obavezni su rezultate mjerjenja objaviti u znanstveno-stručnim časopisima, kako bi širokom krugu stručnjaka bio omogućen uvid u rezultate mjerjenja.

ABSTRACT: The monitoring programme for nuclear power plant environment based on calculation of dispersion of radionuclides and on experimental measurements of tritium and radiocarbon is presented. The proposed dose and specific activity measurements are given in form of a table and a schematic.

Literatura

1. Molak B.: Analiza rizika u primjeni nuklearne energije, ETAN, Zbornik radova VI, 369-380, Split 1984.
2. Denning R.: Introduction to severe accident analysis, IAEA NP COURSE, Argone 28, Sept. 1983.
3. Umwelt-radioaktivität und Strahlenbelastung im Jahre 1980, BMI, Bonn 1982.
4. Ionizing radiation: Source and Biological Effects, UNSCEAR, UN, New York 1982.
5. General Principle of Calculation for the Radiation Exposure Resulting from Radioactive Effluents in Exhaust Air and in Surface Waters, GRS, Köln 1980.
6. Burkart K.: Workshop on Atmospheric Dispersion and Dose Calculation, IAEA NP COURSE, Karlsruhe 27. Nov. 1984.
7. Guides for Measures to be Taken for the Surveillance of the Environment of Nuclear Power Plants with Light Water Reactor, APP. of editor 8179, GRS, Köln 1979.
8. Guideline Relating to Emission and Immission Monitoring of Nuclear Facilities, edit. 12180, GRS, Köln 1980.
9. Schroeder H.J.: Environmental Monitoring Programme, IAEA NP COURSE, Karlsruhe, Sept. 1981.
10. N. Horvatinčić, B. Obelić, D. Srdoč, I. Krajcar: Monitoring of Tritium Activity in the Wider Area of Nuclear Power Plant Krško. 11th Regional Congress of IRPA, Wien, 20-24.09.1983, Proc. of, Vienna, 1984, p. 219.
11. B. Obelić, I. Krajcar, D. Srdoč, N. Horvatinčić: Monitoring the ^{14}C Activity in the Environment of the Nuclear Power Plant Krško in Yugoslavia, paper presented at the Second IAEA Research Co-ordination Meeting on "Carbon-14 from Nuclear Facilities", 10-14.12.1984, Bombay, India.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PULA, 10.-13. juni 1985.

Dedić D., Petrović B., Djurić Gordana

Republički sekretarijat za narodnu odranu
SR Srbije

OBUKA ORGANA CIVILNE ZAŠTITE U SR SRBIJI
ZA RADIJACIONU KONTROLU HRANE U USLOVIMA
DUGOTRAJNE HRONIČNE KONTAMINACIJE TERITORIJE

Kratak sadržaj

Ukazano je na potrebu osposobljavanja pripadnika Civilne zaštite za radijacionu kontrolu teritorije i životne sredine u uslovima dugotrajne hronične kontaminacije fisionim proizvodima. Obuka za rad u radiometrijskim laboratorijama (RL) vrši se prema nastavnim planovima i programima za obuku stacionarnih i pokretnih RL, koji su usvojeni u SR Srbiji (bez SAP). Posebno su istaknuti ciljevi i zadaci ovakve obuke, kao i način izvodjenja obuke i inovacije stečenog znanja.

Sadašnjim stepenom razvoja nuklearnog oružja namenjenog za masovno uništavanje u ratu, kao i postojanje energetskih postrojenja za mirnodopsko korišćenje nuklearne energije (nuklearne elektrane), kao i eksperimentalnih nuklearnih reaktora - multiplicirana je opasnost za ljude, materijalna dobra i životnu sredinu u slučaju izbjivanja novog rata.

Potencijalna opasnost da dodje do nuklearnog rata ili do havarija na nuklearnim postrojenjima u slučaju izbjivanja klasičnog rata ili u slučaju diverzantskog udara, predstavljaju vrlo ozbiljan radijacioni rizik za ljude i materijalna dobra. Ovakve opasnosti nameće potrebu njihovog stalnog izučavanja i praćenja naučnih dostignuća u ovoj oblasti, te potrebu za nalaženjem rešenja, koja će biti adekvatna za datu situaciju.

Procenom radijacione opasnosti došlo se do zaključka, da je za zaštitu i otklanjanje posledica izazvanih primenom nuklearnog oružja ili u slučaju akcidenta usled oštećenja nuklearnog postrojenja, potreban odgovarajući stručni kadar i to ne samo od lica koja profesionalno rade u zaštiti od ionizujućih zračenja, već da u cilju sveobuhvatne zaštite od nuklearnih opasnosti moraju biti nagažovani svi radni ljudi i građani .

U ovakvim sveobuhvatnim pripremama za radijacionu kontrolu teritorije, životne sredine, kompleksa stočne i biljne proizvodnje i zaštitu stanovnika u uslovima dugotrajne hronične radioaktivne kontaminacije teritorije, učestvuju organi i pripadnici Civilne zaštite, koji se po specijalizovanim nastavnim planovima i programima obučavaju i za oblast radijacione zaštite .

U SR Srbiji normativno je regulisano osposobljavanje kadrova za radijaciono-hemisko-biološku zaštitu . U okviru ovog programa osposobljavanja organa i pripadnika Civilne zaštite predviđeno je organizovanje i rad opštinskih stanica, regionalnih centara i Centra grada Beograda za RHB zaštitu, čime je normativno regulisano organizovanje i osposobljavanje kadrova za rad u radiometrijskim laboratorijama za vanredne prilike .

Osposobljavanje kadrova za rad u radiometrijskim laboratorijama (RL) vrši se u SR Srbiji po nastavnom planu i programu za obuku ekipa stacionarnih i pokretnih RL, kojim se obezbedjuje :

- upoznavanje sa proračunom, procenom i analizom efekata i učinaka izvršenog nuklearnog udara ,
- procena nastale radijacione situacije,
- analiza osnovnih mera koje treba preduzeti u cilju kontrole teritorije i svih komponenata njene životne sredine, a u cilju zaštite stanovništva u uslovima upotrebe nuklearnog oružja ili sličnih akcidenata ,
- preduzimanje mera u otklanjanju posledica za slučaj kada su hrana, namirnice biljnog i životinjskog porekla i druga materijalna dobra kontaminirani R-agensima ,
- provera i učešće u osposobljavanju RHB jedinica Civilne zaštite u kontroli i dekontaminaciji hrane i drugih materijalnih dobara za slučaj ratnih i mirnodopskih dogadjaja, nastalih pri proizvodnji i manipulisanju radioaktivnim materijama .

Pored navedenog, ekipe za rad u RL dužne su da obezbede:

a) u miru :

- utvrđivanje radioekoloških karakteristika životne sredine na određenoj teritoriji ,
- ispitivanje radijacione sigurnosti i karakteristika prirodnih i veštačkih objekata u cilju korišćenja za zaštitu ljudi, životinja, namirnica biljnog i životinjskog porekla od radioaktivne kontaminacije fisionim produktima,
- preduzimanje preventivnih mera zaštite u cilju postizanja radijacione sigurnosti pri korišćenju otvorenih i zatvorenih izvora snabdevanja vodom za stanovništvo i za napajanje stoke, namirnica biljnog i životinjskog porekla i gotovih proizvoda,
- neprekidnu obuku kadrova u rukovanju nuklearnom instrumentacijom ;

b) u ratu :

- praćenje radijacione situacije i merenje jačine ekspozicione doze beta i gama zračenja ,
- merenje specifične beta aktivnosti (A_s) u padavinama i zemljištu,
- odredjivanje A_s u uzorcima vode za snabdevanje ljudi i napajanje stoke, u uzorcima namirnica biljnog i životinjskog porekla, stočnoj hrani i davanje ocene o njihovoj konzumnoj vrednosti .

Obuka pripadnika specijalizovanih stacionarnih i pokretnih R-laboratorijskih tipa LARA-10 obavljena je na teritoriji SR Srbije i SAP Vojvodine (bez SAPK) .

OSNOVNI CILJ OBUKE bio je da se postigne potpuna obučenost i samostalnost u radu i pri donošenju ocene o konzumnoj vrednosti uzoraka materijala koji je radioaktivno kontaminiran smešom fisionih produkata . Da bi se ovo postiglo organizovana je obuka u trajanju od 5 radnih dana i to u vidu monokursa .

UČESNICI OBUKE bili su, uglavnom, iz redova visoko - kvalifikovanih lica (nastavnici i profesori fizike, hemije i biologije, zatim medicinski radnici -lekari,farmaceuti, medicinski te-

hničari i laboranti, kao i stručnjaci iz prehranbene industrije-inženjeri tehnologije, agronomi, veterinari i dr.) .

NAČIN IZVODJENJA OBUKE - iskustvo je pokazalo da je najcelishodniji način izvodjenja obuke preko tzv. dve nastavne baze, pri čemu : prvu nastavnu bazu čine stručnjaci navedenih profila, koji su ujedno i načelnici RL, dok drugu nastavnu bazu čine ostali izvršioci poslova .

Obuka je imala teorijski fond časova (oko 15%), dok je najveći fond časova bio predviđen za praktičan rad (oko 85%). Na kraju obuke, učesnici su bili obavezni da samostalno urade jednu kompletну radiometrijsku analizu i daju ocenu konzumne vrednosti ispitivanog uzorka .

Uspeh obuke je bio sasvim zadovoljavajući, jer samo 10% učesnika obuke nije postiglo apsolutno zadovoljavajući nivo potrebnog znanja .

Pored osnovne obuke u trajanju od 5 dana, sa istim učesnicima obuke obavljena je i dopunska obuka naredne godine, a u trajanju od jednog dana, dok učesnici osnovne obuke koji nisu postigli apsolutno zadovoljavajući uspeh bili su obavezni da na dopunskoj obuci ostanu u trajanju od 2 dana .

Navedena obuka izvedena je u svim regionima SR Srbije i SAPV (bez SAPK), pri čemu je iz svake opštine obučeno najmanje jedno lice, dok su razvijenije opštine i veći gradovi imali i 2-3 obučena pripadnika Civilne zaštite .

Da bi se krug stručnjaka - pripadnika Civilne zaštite koji rade na radijacionoj kontroli i zaštiti stanovništva - potpuno zatvorio, bilo je neophodno da se izvede i obuka određenih pripadnika opštinskih i regionalnih štabova Civilne zaštite, sa ciljem da se ova lica upoznaju sa principima radijacione biologije, kako bi stručno mogli da učestvuju u distribuciji radioaktivno kontaminirane hrane različitim kategorijama , a posebno tzv. "kritičkim grupama" stanovnika - deca .

Na kraju, treba se pridržavati odavno poznate činjenice, da BEZ OBNAVLJANJA ZNANJA NEMA KVALITETNOG RADA, pa jednom obučene pripadnike Civilne zaštite treba povremeno (a najkasnije svake druge godine) pozivati na inovaciju znanja ili organizovati vežbu za članove radiometrijske laboratorije .

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10.-13. jun 1985.

Brnović R. Radovanović R.
Klinički centar Medicinskog fakulteta
OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović", Beograd

STRONCIJUM 90 U LJUDSKIM KOSTIMA I RADIJACIONI
RIZIK ZA STANOVNIŠTVO SR SRBIJE U USLOVIMA DU-
GOTRAJNE KONTAMINACIJE

Prezime: Na osnovu rezultata merenja i procene sadržaja ^{90}Sr u kostima stanovnika SR Srbije, kolektivna doza zračenja uslovi-
la je radijacioni rizik od 2,5 slučajeva raka kostiju za popu-
laciju SR Srbije van teritorija SAP za period 1964-1984).

Uvod

Zaštita populacije od radioaktivnog zagadjenja životne sredine postavljena u okvirima novijih koncepcija (preporuke ICRP 26, 27 1977 g.) (1,2), zasniva se na sledećim principima:

- određivanje ekvivalentne i kolektivne doze zračenja za različite organe ljudskog tela u različitim uslovima kontaminacije
- procena radijacionog rizika za određenu populaciju u datim uslovima.

Ova istraživanja su vrlo kompleksna i zavisno od izvora i puteva radioaktivne kontaminacije do čoveka ispituju se određene vrste parametara radi konačne informacije o ekvivalentnoj i kolektivnoj dozi zračenja i odgovarajućem radijacionom riziku.

Metod rada

Određivanje ^{90}Sr u ljudskim kostima vršeno je radiohemij-
skom i radiometrijskom metodom usvojenom u Institutu (3).

Za procenu sadržaja ^{90}Sr u kostima su korišćeni matematički modeli koje daje Bennett (4) u uslovima dugotrajne kontaminacije ljudskog organizma stroncijumom 90 putem ishrane. Za procenu ra-
dijacionog rizika korišćene su norme ICRP (1,2).

Rezultati i diskusija

Ekvivalentne doze zračenja za mlade kosti stanovnika SR Srbije (0-19 godina) za period 1963-67 godine kretale su se u intervalu $6,4\text{-}16,8 \cdot 10^{-2}$ mSv /god. Ekvivalentne doze zračenja u kostima odraslih stanovnika u istom periodu iznosile su $1,4\text{-}10,3 \cdot 10^{-2}$ mSv /god.

Radijacioni rizik u ovom periodu za mlade kosti iznosi je $4,6 \cdot 10^{-2}$ slučajeva s za odrasle preko 20 godina $5,9 \cdot 10^{-2}$ slučajeva.

Na osnovu rezultata o unetoj količini ^{90}Sr ishranom u organizam stanovnika SR Srbije za period 1968-1984, procenjen je ukupan radijacioni rizik za populaciju Srbije van teritorija SAP.

U periodu 1963-1984 god. procenjeno je da broj slučajeva raka kostiju od ^{90}Sr poreklom od nuklearnih eksplozija iznosi 2,5 slučajeva za stanovništvo SR Srbije.

Abstract:

Evaluation of radiation risk from ^{90}Sr contained in fallout for bones of the inhabitants of SR Serbia was found to be 2,5 of cases for the period 1963-1984.

Literatura

1. ICRP Publ. No 26. N.Y. 1977
2. ICRP P bl. No 27. N.Y 1977
3. Brnović R. Naučnotehnički pregled, 1971, br. 8
4. Bennett: Strontium 90 in human bone, HASL, 308 october 1976

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. juna 1985.

Milojević S., Marković P. i Nikezić D.

Prirodno-matematički fakultet, Institut za fiziku-Kragujevac

RADIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SLIVA REKE I JEZERA GRUŽA

Rezime: U radu su prezentirani rezultati merenja ukupne specifične beta aktivnosti, ukupne specifične alfa aktivnosti kao i koncentracija prirodnih radionuklida u vodama sliva reke Gruže kao i novoformiranog jezera Gruža. Takođe su izneti i rezultati merenja jačine ekspozicionih doza prirodnog gama zračenja u zoni jezera. Jezero je namenjeno za snabdevanje Kragujevca vodom.

1. Uvod

Veliki broj stanovnika kod nas i u svetu snabdeva se vodom iz akumulacionih jezera nastalih pregradnjom rečnih tokova. Ovakav način snabdevanja vodom postaje sve rasprostranjeniji s obzirom na izrazite probleme koji se javljaju usled naglog širenja urbanih sredina. Međutim u zadnje vreme akumulaciona jezera kao deo čovekove životne okoline zagađena su raznim materijama među kojima značajno mesto zauzimaju radionuklidi nastali uglavnom kao posledica nuklearnih eksplozija. Naš zadatak sastoji se u tome da istražimo postojeće stanje, koje bi se uslovno moglo nazvati - nulto stanje, novoformirane akumulacije na reci Gruži a koje će svakako poslužiti za dalja istraživanja u okviru radiološke studije.

U sklopu radioloških istraživanja vode sliva reke Gruže i akumulacionog jezera Gruža vršena su, počev od 1981. godine, merenja koncentracije prirodnih radionuklida, ukupne specifične alfa aktivnosti, ukupne specifične beta aktivnosti kao i jačine ekspozicionih doza prirodnog gama zračenja u zoni akumulacije u cilju

formiranja radiološke karte pomenutog sliva i jezera.

2. Materijal i metode

Uzorci vode uzimani su, na određenim tačkama u slivu, četiri puta godišnje u razmacima od po tri meseca. Merenja ekspozicionih doza spoljašnjeg gama ozračenja vršena su na karakterističnim tačkama u zoni jezera.

Merenja ukupne specifične beta aktivnosti vršena su u suvom ostatku vode na antikoincidentnom GM brojaču za merenje niskih aktivnosti LOLA-4, čiji nivo osnovnog zračenja ne prelazi 1,5-2 imp/min. Kao etalon korišćen je ${}^4\text{K}$.

Merenja ukupne alfa aktivnosti praškastih uzoraka suvog osta-tka vode vršena su brojačem sa čvrstim scintilatorom ZnS.

Merenja ekspozicionih doza spoljašnjeg gama ozračenja vršena su superosetljivom komorom MAB-601.

3. Rezultati i diskusija

3.1. Rezultati merenja ukupne specifične beta aktivnosti (UbA) dati su u tabelama 1 i 2

TAB 1

Ukupna specifična beta aktivnost reke Gruže pre formiranja jezera

Merna tačka	Izvor reke	Grivac	Knić(most)	Pajšijević
Godina	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l
1981	29,6	28,0	32,7	31,8
1982	15,8	19,2	18,5	22,2

TAB 2

Ukupna specifična beta aktivnost vode posle formiranja jezera

Merna tačka	r.Gruža izvor	r.Gruža Grivac	Boračka reka	potok Panjevac	jezero +	jezero ++	voda za piće
Godina	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l
1983	22,6	30,8	26,4	94,6	52,3	74,0	56,4
1984	20,3	32,6	33,8	88,7	39,4	59,8	49,8

+) neposredno pre filtriranja ++) zoom užvodno od brane

TAB 3

Specifična beta aktivnost vode koja potiče od ${}^{40}\text{K}$								voda za piće
Merna tačka Godina	r.Gruža izvor	r.Gruža Grivac	Boračka reka	Potok Panjevac	Jezero +	Jezero ++		
1984	19,6	30,0	32,6	79,8	37	53,8	43,2	

2.2. Rezultati merenja ukupne alfa aktivnosti (UaA) i koncentracije prirodnih radionuklida u vodi pre formiranja jezera dati su u TAB 4.

TAB 4

Ukupna alfa aktivnost (UaA) i prirodni radionuklidi u vodi (1981)				
Merna tačka	Ukupna alfa aktivnost mBq/l	Ra-226 mBq/l	Pb-210 mBq/l	U ng/l
Izvor reke	16,1	16,7	370,3	0,25
Grivac	14,5	17,5	360,0	0,27
Knić(most)	17,4	15,1	429,2	0,28
Pajšijević (brana)	16,8	16,1	435,2	0,31

2.3. Jačina ekspozicionih doza prirodnog gama zračenja u zoni jezera data je u TAB 5

TAB 5

Red.br.	Merna tačka	Jačina ekspozicione doze C/kg s
1.	Površina jezera 20m od obale	215
2.	Površina jezera 50m od obale	215
3.	Površina jezera 100m od obale	180
4.	Brana na jezeru-iznad tla	644
5.	Rub šume u visini brane	572
6.	Most na Gruži(Knić)-Bogićevića brdo	572

Prema podacima iz literature ukupna specifična beta aktivnost rečnih voda kao i voda za piće u SR Srbiji, koja potiče od prirodnih izvora, kreće se u granicama 7-566 mBq/l ili u proseku 55,5 mBq/l . Dobijeni rezultati merenja ukupne specifične beta aktivnosti uzorka vode reke Gruža i jezera prema tabelama 1 i 2 nalaze se u po-

menutim granicama, preciznije rečeno vrednosti su ispod proseka za reke u SR Srbiji. Istovremeno treba reći da su vrednosti za ukupnu specifičnu beta aktivnost u dozvoljivim granicama, tačnije za red veličine manje od gornje granice.

Sličan zaključak se, na osnovu dobijenih rezultata, može izvesti za ukupnu alfa aktivnost kao i za koncentraciju prirodnih radionuklida.

Rezultati merenja jačine ekspozicionih doza prirodnog gama zračenja ne ukazuju na povećanu kontaminaciju, ali će izuzetno poslužiti za snimanje nultog stanja, koje nam pak omogućava da detektovanjem promena vrednosti najbrže otkrijemo radiološku situaciju jezera i njegove okoline.

Abstract

In this paper measurement results of the gross alfa and beta activities as well as of the concentrations of the natural radionuclides in the contributions of the river Gruža and the lake Gruža. Also are given the exposure gamma dose rates in the lakes region. The accumulation lake is used for water supply of the city of Kragujevac.

Literatura

1. Picer,M. : Merenje ukupne beta radioaktivnosti u prirodnim vodama pojednostavljenom metodom uparavanja. Zbornik radova III simpozijuma JDZZ, str.293. Banja Luka, 1967.
2. Popovski,S. : Ukupna beta radioaktivnost u površinskim vodama u makedoniji u periodu 1973-1980. Zbornik radova XI simpozijuma JDZZ, str.95. Portorož, 1981.
3. Radioaktivnost životne sredine u SRS, 1963-1979., Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd.
4. Mihailović,M. ... : Rezultati merenja radioaktivnosti okoline JE Krško. Zbornik radova X Simpozijuma JDZZ, str.21. Aranđelovac, 1979.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

J. Planinić

Pedagoški fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek

MJERENJE KONCENTRACIJE RADONA U ZRAKU

Sažetak

Pomoću mikroskopskog brojanja tragova alfa čestica na filmovima Kodak LR-115 određena je koncentracija radona (^{222}Rn) u zraku u radnim i stanbenim prostorijama kao i u slobodnoj atmosferi na području Zagreba, Bakra i Osijeka. Filmovi su izlagani po mjesec dana u zraku u otvorenim i zatvorenim, pomoću papirnog filtra, plastičnim čašama, a zatim su određene pripadne vrijednosti ravnotežnih faktora za radon i njegove potomke.

Abstract

Indoor and outdoor radon (^{222}Rn) concentrations were measured in the areas of Zagreb, Bakar and Osijek by means of the alpha tracks counting at the Kodak LR-115 films. The films were exposed in the open and filtered cups during a month afterwards the equilibrium factors of radon and its daughters were calculated.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985.

Patić D. i Smiljanović R.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zaštita"

PREGLED MERENJA UKUPNE BETA RADIOAKTIVNOSTI AEROSOLA U PRIZEMNOM
SLOJU VAŽDUHA U IBK U PERIODU 1961.-1984. GODINE

Abstrakt: U radu su dati rezultati merenja ukupne beta aktivnosti aerosola za period od 24 godina. U ovom periodu kontrola radioaktivnosti aerosola u prizemnom sloju vazduha vršena je dvema metodama - kontinualnom i diskontinualnom.

Kontrola radioaktivnosti prizemnog sloja vazduha u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči vrši se sistematski od 1961. godine u okviru kontrole okoline nuklearnog reaktora RA . U periodu od 1961.-1966. godine kontrola je vršena na 4 kontrolne stanice, isključivo uredajima za kontinualnu kontrolu sa pokretnom filterskom trakom , koji omogućavaju brzu indikaciju povećanja radioaktivnosti već 78 minuta posle završenog naprašivanja. Međutim, obzirom na veliki uticaj prirodne radioaktivnosti u uzorku posle ovog vremena, ovaj uredaj omogućava i merenje radioaktivnosti 70 časova kasnije u odnosu na prvo merenje.

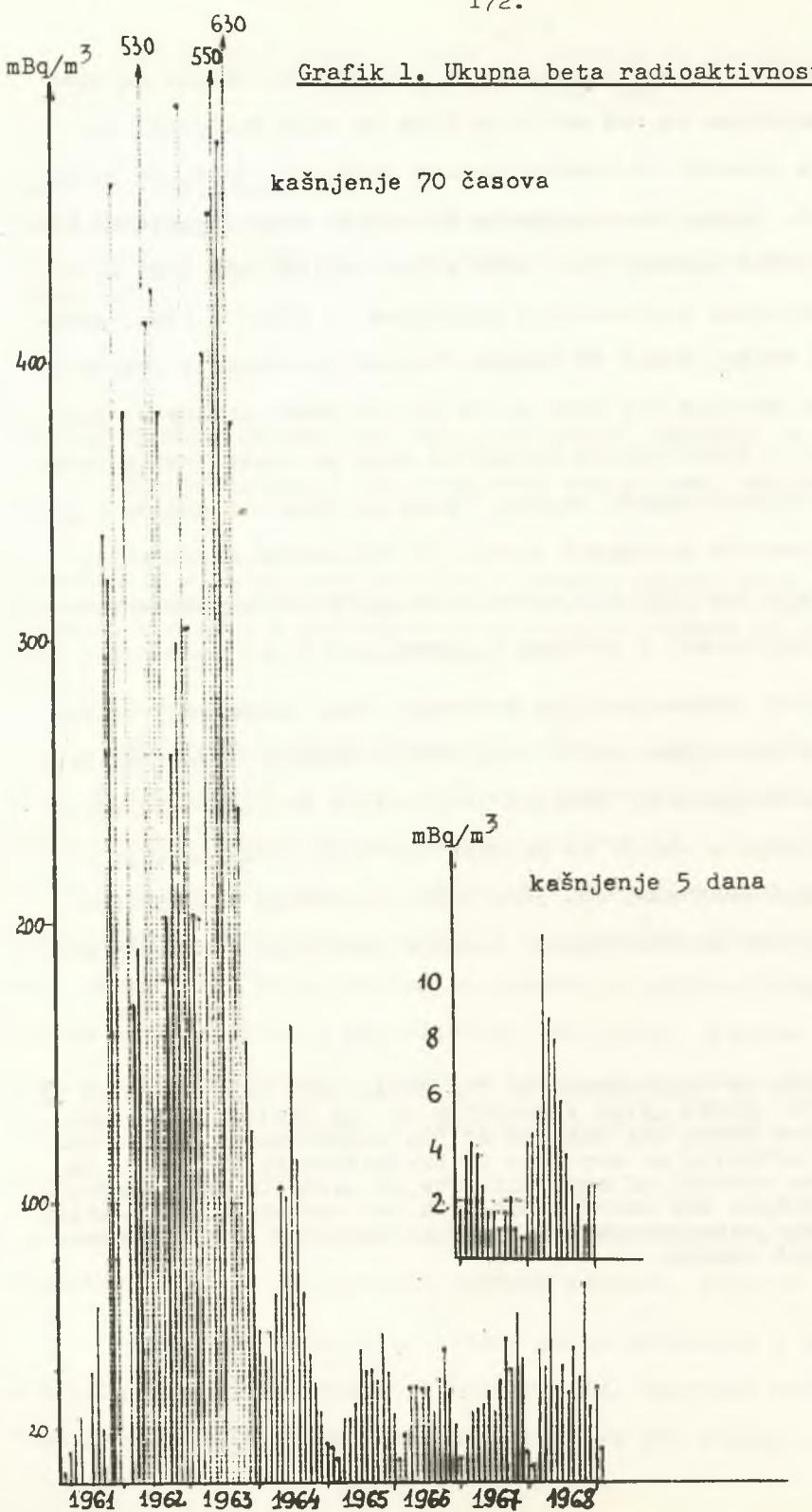
Počev od 1966. godine uspostavljena je u Institutu i diskontinualna kontrola 24-časovnih uzoraka vazduha, koja se i danas vrši.

Rezultati merenja prikazani su na graficima 1 i 2, preko srednjih mesečnih vrednosti koncentracija. Uporedni pregled koncentracija dobijenih obema metodama dat je za dve godine . Već na prvi

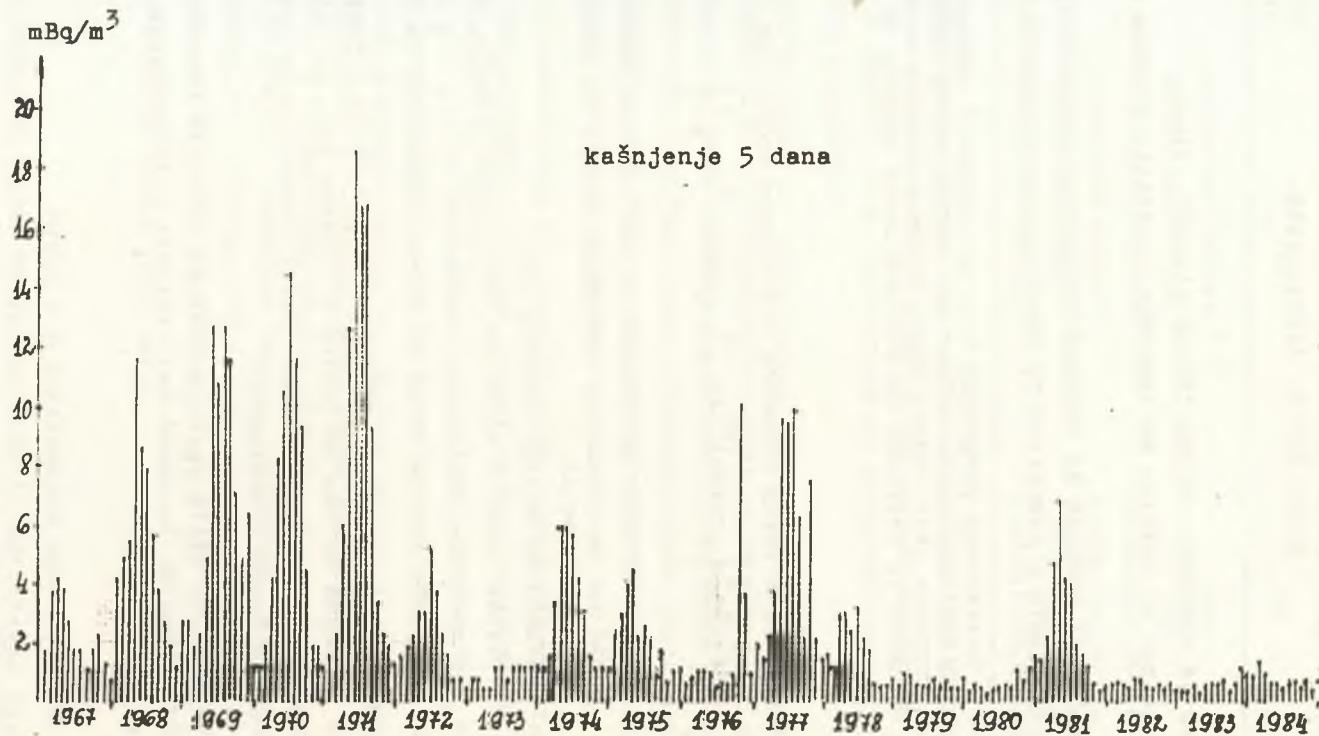
pogled je uočljivo da su koncentracije dobijene kontinualnim uzorkovanjem i merenjem za red veličine više od onih dobijenih na osnovu merenja uzoraka iz diskontinualne kontrole. Tačno je da su u 1962. i 1963. godini koncentracije bile više nego u godinama koje slede, međutim postoji još jedan bitan razlog zbog koga su koncentracije dobijene kontinualnim merenjima u 1967. i 1968. godini bile više. Naime, posle 70 časova, koliko protekne od završetka uzorkovanja do merenja još uvek se na filtru oseća prisustvo produkata torona. I kontinualnim merenjima mogu se konstatovati povećanja nivoa radioaktivnosti vazduha koja su rezultat pojave u prizemnom sloju vazduha produkata fisije od nuklearnih eksplozija, ali se povećanja javljaju i u mesecima u kojima su visoke vrednosti prirodnje aktivnosti u vazduhu (jesen).

Rezultati diskontinualne kontrole preko dvadesetvoročasovnih uzoraka uporedjeni su sa rezultatima merenja u Velikoj Britaniji, SSSR i Madjarskoj. Analiza je pokazala da naši rezultati značajno odstupaju u odnosu na merenja izvršena u Madjarskoj, u kojoj se merenja vrše samo dva dana posle završenog uzorkovanja, dok su uporedljivi sa rezultatima merenja izvršenim u Velikoj Britaniji i SSSR.

Abstract: REVIEW OF MEASUREMENT OF THE TOTAL BETA RADIOACTIVITY OF AEROSOLS IN THE GROUND LAYER ATMOSPHERE IN THE PERIOD 1961.-1984.
 In the paper are shown the results of the measurements of the total beta radioactivity of aerosols in the period of 24 years. In this period the control of radioactivity of aerosols in the ground layer of atmosphere was carried out with two methods - the continuous sampling and measurement and 24-hours sampling and measurements of this composit sample.

Grafik 1. Ukupna beta radioaktivnost vazduha

Grafik 2. Ukupna beta radioaktivnost vazduha



XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Gršić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

RAČUNSKI PROGRAM ZA PROCENU KONCENTRACIЈA POLUTANATA
ISPУШТЕНИХ U ATMOSFERU IZ KONTITUALNOG TAČKASTOG IZVORA

Abstrakt - Prikazanim programom mogu se odrediti koncentracije eflu-enata u proizvoljnom broju tačaka oko kontinualnog tačkastog izvora. U osnovi programa leži Gausov model dimne perjanice za kontinualne izvore. Program je razvijen na mikroračunaru SIEMENS PC 100.

Uvod

Matematički izraz Gausovog difuzionog modela dat je formulom:

$$\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} e^{-y^2/2\sigma_y^2} \left[e^{-(z-h)^2/2\sigma_z^2} z + e^{-(z+h)^2/2\sigma_z^2} \right] \quad (1)$$

gde je x - koncentracija polutanta (u arbitarnim jedinicama po m^{-3})
 - jačina kontinualnog tačkastog izvora (u arbitarnim je
 dinicama po s)
 h - efektivna visina ispusta (m)
 z - visina tačke u kojoj se meri koncentracija (m)
 σ_y, σ_z - standardne devijacije koncentracije u y i z pravcu (m)
 u - srednja brzina vetra na nivou ispuštanja ($m.s^{-1}$).

Koordinatni sistem je tako postavljen da je y horizontalna ko-ordinata normalna na osu perjanice i jednaka nuli na osi, a z je vertikalna koordinata i odgovara visini iznad tla za koje se pretpostavlja da je ravno i uniformno.

Parametri difuzije σ_y i σ_z mogu se odrediti na više načina, a u ovom radu primjenjen je metod koji koristi klasifikaciju stabilnosti atmosfere (Tabela 1).

Program za računanje koncentracija - HIKON

U program se prvo unose podaci relevantni za atmosfersku difuziju, kao što su srednja brzina i pravac vetra na nivou ispuštanja, jačina izvora i tip atmosferske stabilnosti, a zatim i broj tačaka u kojima se uskcesivno računaju koncentracije. Položaj ovih tačaka za-

Tabela 1. Formule za $\sigma_y(x)$ i $\sigma_z(x)$, ($10^2 < x < 10^4$ m) /1/

Kategorija stab. (Pasquillov tip)	σ_y (m)	σ_z (m)
A	$0,22x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,20x$
B	$0,16x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,12x$
C	$0,11x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,08x(1+0,0002x)^{-0,5}$
D	$0,08x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,06x(1+0,0015x)^{-0,5}$
E	$0,06x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,03x(1+0,0003x)^{-1}$
F	$0,04x(1+0,0001x)^{-0,5}$	$0,016x(1+0,0003x)^{-1}$

daje se u koordinatnom sistemu kod koga se x osa poklapa sa pravcem i smerom vetra. Zadaje se bočnim rastojanjem od ose perjanice i dužinom koraka x. Dužina ovog koraka može se proizvodljivo menjati u toku izvršavanja programa.

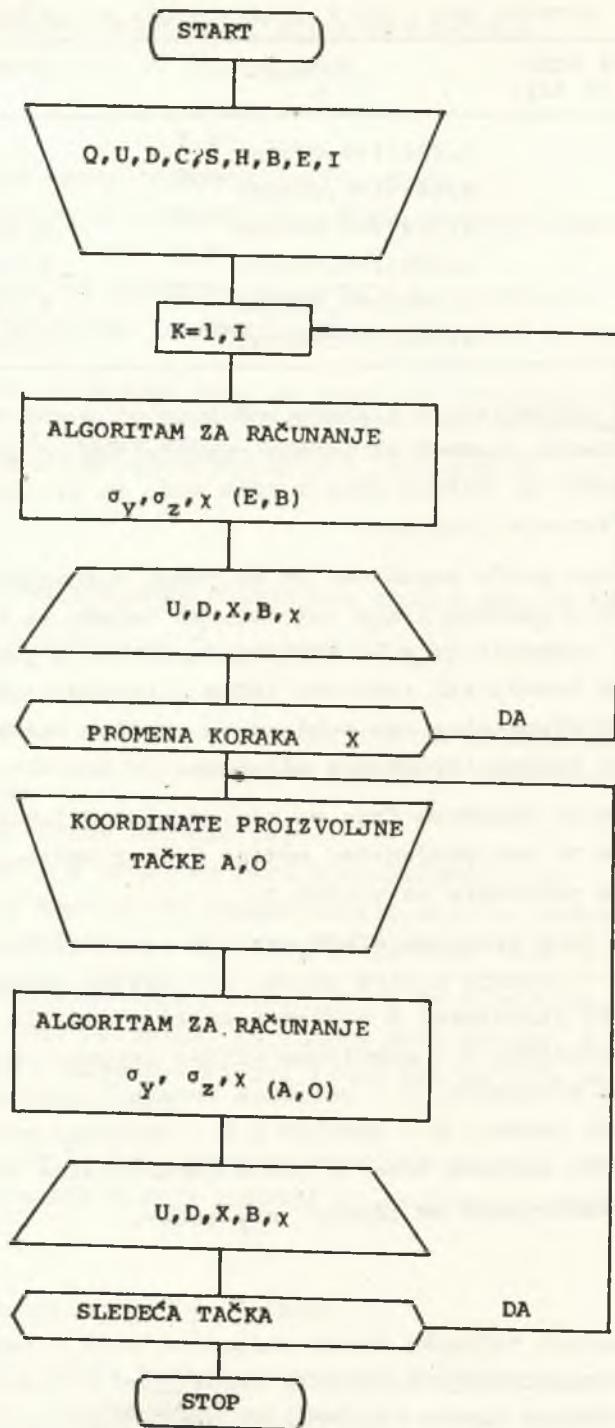
Program pruža mogućnost da se posle automatskog računanja koncentracija u zadatom broju sukcesivnih tačaka sa korakom niz vetrar x izvrši pretvaraživanje po neograničenom broju proizvoljnih tačaka zadavanjem koordinata izabrane tačke u koorddinatnom sistemu čija je jedna horizontalna osa poklapa sa pravcem severa, a koordinatni početak sa tačkom ispuštanja efluenta.

Izlaznim formatom daje se rastojanje od izvora niz vetrar, bočno rastojanje od ose perjanice, brzina i smer vetra i izračunata koncentracija polutanta na visini z.

Blok šema programa HIKON data je na slici 1. Ovde je Q jačina izvora, U - srednja brzina vetrara, D - pravac vetrara, C - kategorija stabilnosti atmosfere, S - visina tačke iznad tla u kojoj se računa koncentracija, H - efektivna visina ispusta, B - bočno rastojanje od ose perjanice, E - veličina koraka u prostoru x, I - broj sukcesivnih tačaka, A - apscisa i O - ordinata proizvoljne tačke u koordinatnom sistemu čija je jedna horizontalna osa u pravcu severa i X- rastojanje od izvora niz vetrar.

Rezime

Prikazani računski model omogućava brzo i jednostavno izračunavanje koncentracija polutanta ispuštenog u atmosferu iz kontinualnog tačkastog izvora. Primenljiv je za slučajeve rutinskog ispuštanja bilo klasičnog, bilo radioaktivnog polutanta. Izračunavanje i štampanje dobijenih rezultata može se vršiti automatski u proizvoljnem broju sukcesivnih tačaka niz vetrar od izvora ili pak, u



Slika (1) Blok šema programa HIKON.

pojedinačnim proizvoljno izabranim tačkama u okolini izvora.

Program je zamišljen kao deo automatskog operativnog sistema za praćenje disperzije efluenta kod rutinskih ispuštanja iz klasičnog ili radioaktivnog izvora.

Abstract: A NUMERICAL PROGRAMME FOR POLLUTANT CONCENTRATION ESTIMATION FROM CONTINUOUS POINT SOURCES - This programme gives opportunity for estimation of concentration of pollutant all around continuous point sources. The programme is based on Gaussian plume model for continuous sources.

Literatura

1. Briggs, G.A.: Diffusion Estimation for Small Emissions, ATDL Contribution File No.79, 1973
2. Hanna S.R., Briggs G.A., and Hosker R.P., Handbook on Atmospheric Diffusion, Technical Information Center, U.S. Department of Energy, 1982. str.102

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13 jun 1985

Novak Lj., Panov D., Djordjević V.

Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOURE Institut za medicinsku rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

PUSENJE KAO IZVOR KONTAMINACIJE LJUDI OLOVOM-210
I POLONIJUMOM-210

Rezime. Odredjivane su koncentracije olova-210 i polonijuma-210 u uzorcima 24-časovnog urina 149 pušača i 127 nepušača. Nadjene prosečne vrednosti blova-210 u urinu pušača su 43.46 ± 34.20 mBq a u nepušača 39.27 ± 29.37 mBq. Prosečne vrednosti polonijuma-210 u urinu pušača iznose 24.35 ± 23.08 mBq a u nepušača 22.81 ± 26.87 mBq.

Uvod

Kada se govori o radioaktivnoj kontaminaciji čoveka ne može da se ne pomene duvan tj. duvanski dim. Poznato je da se olovo-210 i polonijum-210 nalaze u duvanu (1) i da su u plućima pušača nadjene veće koncentracije ovih radionuklida u odnosu na nepušače (2,3). Mogući biološki značaj tih razlika bio je zanemarivan, jer se smatralo da je prirodna alfa aktivnost u čovekovom organizmu, uneta ingestijom ili inhalacijom, rastvorljiva u telesnim tečnostima i da postoji približna ravnoteža izmedju dnevног unošenja i izlučivanja, sem kod radijuma-226 i olova-210, koji se u malim koncentracijama kontinuirano zadržavaju u skeletu. Međutim olovo-210 i polonijum-210 vezani za nerastvorljive čestice duvanskog dima zadržavaju se u plućima tako da je mala zapremina tkiva oko svake nerastvorljive čestice velike specifične aktivnosti podvrgнутa ozračivanju, koje je 100 do 10000 puta veće od rastvorljive prirodne alfa aktivnosti. Kako olove-210 ima vreme poluraspada 22 godine, telesno opterećenje radioaktivnošću olova-210 i njegovih potomaka bizmuta-210 i polonijuma-210 nastavlja da se povećava kroz period pušenja što bi mogao da bude značajan faktor u nastajanju karcinoma bronha pušača (4.5).

Udahnutе male nerastvorljive čestice deponuju se u nižim delovima respiratornog trakta gde se jednim delom zadržavaju dok drugi deo podleže fagocitnom dejstvu alveolarnih makrofaga,

koji transportuju čestice do pratećih limfnih čvorova, jetre, slezine i koštane srži kao i do drugih mesta retikulo-endotelijalnog sistema. Pored toga nerastvorljive čestice akumulirane u plućima i limfnim čvorovima mogu da prodru u obližnje krvne sudove i da se tako cirkulacijom prenesu i u druge organe (5).

Materijal i metoda

U radu je ispitivano izlučivanje olova-210 i polonijuma-210 u urinu pušača i nepušača što predstavlja nastavak prethodnih istraživanja u kojima je odredjivan sadržaj ovih radionuklida na obdupcionom materijalu u plućima, bubrežima, jetri i slezini pušača i nepušača.

Alikvot 24-časovnog urina mineralizovan je azotnom kiselinom na oko 100°C i polonijum izdvojen spontanom depozicijom na srebrnoj pločici. Merenje je izvršeno u alfa scintilacionom brojaču sa niskom osnovnom aktivnošću.

Rezultati analiza polonijuma-210 i olova-210 u urinu 149 pušača i 127 nepušača prikazani su na tabelama 1 i 2.

Rezultati i diskusija

Prosečne vrednosti olova-210 i polonijuma-210 u urinu pušača veće su u odnosu na nepušače ali te razlike nisu statistički značajne.

Postranato po intervalima od po 10 godina pušačkog staža zapažaju se najveće vrednosti olova-210 u grupi ispitanika sa pušačkim stažom do 10 godina sa tendencijom pada izuzev u grupi sa pušačkim stažom od 31 do 40 godina.

Kada se na isti način posmatraju vrednosti polonijuma-210 konstataže se porast prosečne vrednosti polonijuma-210 od $18.16 \pm 22.59 \text{ mBq}$ u grupi sa pušačkim stažom do 10 godina, preko $23.14 \pm 26.63 \text{ mBq}$ u sledećoj grupi, do $31.38 \pm 28.17 \text{ mBq}$ u grupi sa pušačkim stažom od 21-30 godina kada je postignuta maksimalna vrednost polonijuma. S tim u vezi dokazana je i statistički signifikantno viša vrednost polonijuma kod ispitanika ove grupe u poređenju sa ispitanicima sa pušačkim stažom kraćim od 20 godina (<0.05). Nakon 30 godina pušačkog staža prosečna vrednost polonijuma ima tendenciju pada. Ovoj pojavvi treba posvetiti posebnu pažnju u daljim istraživanjima.

Tabela 1.

Koncentracije Pb-210 i Po-210 u urinu pušača i nepušača

Ispitanici	Broj ispitanika	Pb-210 mBq/l	Po-210 mBq/l
Pušači	149	43.46+34.20	24.35+23.08
Nepušači	127	39.27+29.37	22.81+26.87

Tabela 2.

Prosečne vrednosti i standardne devijacije Pb-210 i Po-210 u funkciji pušačkog staža

Pušački staž godine	Broj ispitanika	Pb-210 mBq/l	Po-210 mBq/l
do 10	20	18.16+22.59	53.15+32.64
11 - 20	44	23.14+26.63	43.15+34.91
21 - 30	49	31.38+28.17	39.59+32.74
31 - 40	31	21.09+17.79	45.23+37.92
41 - 50	5	11.01+19.97	32.26+25.24
Ukupno	149	24.35+23.08	43.46+34.20

Literature

1. T.C. Tso, N.Harley, L.T.Alexander: Source of Lead-210 and Polonium-210 in Tobacco, Science, Vol. 153, No. 3738, pp. 880 (1966)
2. E.P. Radford, E.A. Martell: Polonium-210: Lead-210 Ration as an Index of Residence Times of Insoluble Particles From Cigarette Smoke In Bronchial Epithelium, Proc. of the Fourth Intern. Symposium on Inhaled Particles and Vapours, Edinburgh, 22-26 September (1975)
3. J.B. Little, E.P.Radford, L.McCombs, V.R.Hunt: Distribution of Polonium-210 in Pulmonary Tissue of Cigarette Smokers, The New England Journal of Medicine, Vol. 273, pp.1343 (1965)
4. E.A. Martell: Radioactivity of Tobacco Trichomes and Insoluble Cigarette Smoke Particles, Nature, Vol. 249, No 5454. pp 215 (1974)
5. E.A. Martell: Tobacco Radioactivity and Cancer in Smokers, American Scientist, Vol. 63, pp. 404 (1975)

Abstract

Nòvak Lj., Panov D., Djordjević V.
 Institut of Occupational and Radiological Health
 "Dr Dragomir Karađović", Belgrade

Cigarette Smoking as a Source of Lead-210 and Polonium-210 Contamination in Men

Lead 210 and polonium-210 have been measured in the 24hrs urine samples of smokers and nonsmokers. It has been shown that cigarette smokers excrete higher concentration of Pb-210 and Po-210 than do nonsmokers but differences are not statistically significant. The maximum Po-210 excretion have been observed in the group of cigarette smokers who smoke 21-30 years.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA,
PULA, 10 - 13. jun 1985.

Selak I.^x, Marković Z.^x, Kljajić R., Milošević Z., Horšić E..

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

^xInstitut za patologiju Medicinskog fakulteta Sarajevo

PATOLOŠKO-ANATOMSKE PROMJENE NA RESPIRATORNOM SISTEMU KOD AKUTNO OZRAČENIH OVACA I KOZA

REZIME

Ispitivane su komparativno patološko-anatomske promjene na organima respiratornog sistema u toku akutnog radijacionog sindroma (ARS) kod ovaca i koza nakon jednokratnog ozračivanja tvrdim X zracima.

Rezultati ukazuju da su patološko-anatomske promjene izraženi-je na respiratornom sistemu kod koza u odnosu na ovce.

U V O D

Izučavanje ARS-a malih preživara u posljednje vrijeme postalo je aktuelno kako sa stanovišta veterinarsko sanitarnih mjera i radijacione higijene namirnica animalnog porijekla tako i radiobiologije koja pridaje izuzetno značenje problemu zaštite od štetnog djelovanja ionizujućih zračenja. To nas je potaklo na ispitivanje morfoloških promjena na organima respiratornog sistema kod ovaca i koza budući da su klinički simptomi respiratornog sistema bili dominantni kod radijacionog sindroma posebno kod koza.

Ovaj rad ima za cilj da prikaže lepezu morfoloških manifestacija na respiratornom sistemu ispitivanih životinja, koje se mogu uporediti sa reakcijama kod ljudi izloženih visokim dozama zračenja u terapeutske svrhe.

Materijal i metoda rada

Eksperimentalne životinje su podjeljene u 7 grupa (ovce) i 6 grupa (koze) od kojih je po jedna grupa bila kontrolna. Ozračivanje je izvršeno 350 kV rendgen terapeutskim aparatom, ovce dozama 1,47 - 5,49 Gy a koze 0,98-4,83 Gy i praćene u toku od 30 dana. Uginule i žrtvovane životinje su obducirane i detaljno morfološki obradjene. Uzimani su isječci traheje i pluća sa populućnicom sa više mjesta. Materijal je ulagan u parafinske blo-

kove i pravljeni su histološki rezovi koji su bojeni standardnom metodom hemalaun eozinom.

Rezultati i diskusija

Vanjski klinički simptomi karakterizirali su se pojavom akutnog radijacionog sindroma sa manifestnim promjenama na plućima i pojavom pneumonija kod svih životinja izuzev grupe A.

U pregledanim isječima organa respiratornog sistema kod obje vrste životinja nadjen je širok spektar morfoloških makroskopskih i mikroskopskih promjena. Težina i opsežnost promjena pokazuje različitost između dvije vrste životinja i upadnu ovisnost o dozi ozračivanja i vremenu preživljavanja nakon zračenja.

Iz tabele 1. može se uočiti da u grupi "A" ozračenih životinja nisu nadjene kako makroskopski tako ni mikroskopski bilo kakve patološko-anatomske promjene.

U grupi "B" kod ovaca uginula je 1 životinja nakon 16 dana a kod koza 2 životinje nakon 16 i 30 dana po ozračivanju. Uzrok smrti kod uginulih životinja bilo je zapaljenje pluća sa hemoragičnom komponentom.

U grupi "C" kod ovaca uginule su 2 životinje nakon 20 i 24 dana a kod koza 4 životinje, sa upadljivo izraženom afekcijom sluznica raspitrornog sistema i prisutnim manifestacijama hemoragičnog sindroma. Uzrok smrti je bio lobularno zapaljenje pluća sa hemoragičnom komponentom pri čemu su promjene kod koza bile izraženije u odnosu na ovce.

Iz grupe D uginule su 4 ovce i 5 koza sa još izraženijim patološko anatomskim promjenama na organima respiratornog sistema i jakim krvarenjima.

U grupi "E" uginule su u kratkom periodu po ozračivanju 4 ovce i sve koze sa teškim, djelom konfluentnim, zapaljenjem pluća i prisutnom hemoragičnom komponentom.

Sve ovce iz grupe završile su letalno u periodu od 10 dana sa akutnim kataralnim promjenama sluznica i bronhopneumonijom hemoragičnog tipa.

Hemoragični sindrom, kao dominantna pojava kod obje vrste životinja izraženiji je na respiratornom sistemu kod koza dok se kod ovaca hemoragije češće javljaju u gastro-intestinalnom traktu i to u jačem stepenu.

TABELA 1. PATOANATOMSKE PROMJENE NA RESPIRATORNOM SISTEMU KOD AKUTNO OZRAČENIH OVACA I KOZA

	O	V	C	F		K	O	Z	E				
EKSPERIMENTALNE I KONTROLNE GRUPE ŽIVOTINJA	K	A	B	C	D	E	F	K	A	B	C	D	E
DOZA OZRAČENJA - GY	0	1,47	2,50	3,46	4,04	4,66	5,49	0	0,98	1,90	2,86	3,83	4,83
GRKLJAN I DUŠNIK :													
-edem sluznice													
-krvarenje u sluznici													
-skutne kateralne upale													
-akutna kateralna upala sa krvarenjima u sluznici					4	5	6						
-subakutna kateralna upala			1	2									
-subhronična i hronična kateralna upala													
BRONHIJALNI OGRANCI :													
-edem sluznice													
-krvarenje u sluznici													
-skutne kateralne upale													
-akutna kateralna upala sa krvarenjima u sluznici					4	5	6						
-subakutna kateralna upala		1	2										
-subhronična i hronična kateralna upala													
PLUĆA :													
-edem pluća			1	2	4	5				2	4	5	6
-hijaline membrane u plućima				1		2						2	5
-krvarenja u perenhimu pluća										2		3	6
-lobularne bronhopneumonije				1		5					2		
-lobularne bronhopneumonije sa hemoragijom			1	1	4		6			2	2	4	6
-deskvarmetivna intersticijalna pneumonija													
-intersticijalna hronična fibroza pluća													
POPLUCNICA :													
-upalne promjene pleure								1					
-tačkasto krvarenje					1		3			2	3	3	1
-opsežne slivene krvarenje						3	5	2		1	2		5

Ovaj nalaz je u skladu sa našim ranijim radovima (1-5) i potvrđuje da je pojava hemoragičnog sindroma i stepn patoloških promjena kod koza najizraženiji na respiratornom sistemu a kod ovaca na gastro-intestinalnom.

Z a k l j u č c i:

1. Ne ulazeći u formalnu genezu nastalih promjena koze kao specijes su osjetljivije na djelovanje ionizujućih zračenja u odnosu na ovce, kod koza su izraženije promjene na respiratornom sistemu, posebno hemoragije i pneumonije.
2. Broj uginulih životinja, uporedjujući iste grupe je veći kod koza.

L i t e r a t u r a:

1. Selak I., Marković Z., Milošević Z., Horšić E., Kljajić R.: Zbornik radova XI Simp. JDZZ, Portorož, 1981.
2. Milošević Z., Selak I., Marković Z., Kljajić R., Horšić E.: Veterinaria, 31, 373, 1982.
3. Selak I., Marković Z., Horšić E., Milošević Z., Kljajić R.: Veterinaria, 32, 3, 285, 1983.
4. Milošević Z., Kljajić R., Horšić E., Selak I., Marković Z.: Zbornik radova XII Simp. JDZZ, 291, Ohrid, 1983.
5. Milošević Z., Selak I., Marković Z., Kljajić R., Horšić E.: Zbornik radova XI Regional Congres of IRPA, Vienna, 1983.

Summary

PATHOLOGICAL CHANGES IN THE RESPIRATORY SYSTEM IN IRRADIATED SHEEP AND GOATS

The paper presents patho-anatomic changes in the respiratory system in the course of acute radiation syndrom (ARS) in sheep and goats after exposure to (once occurring) hard X-raying in the doses which range from 0,98 to 4,83 Gy in goats and doses in range of 1,47 to 5,55 Gy in sheep.

The results obtained show that patho-anatomic changes and consequently the clinical symptoms in the respiratory system are much more distinct in goats while in sheep the irradiation has affected more the gastro-intestinal tract (Selak et all 1983). The severity of pathoanatomic changes on respiratory system is directly correlated to the intensity of irradiation.

XIII Jugoslavenski Simpozij o zaštiti od zračenja
Pula, 10. - 13. lipanj 1985.

Momčilović B.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, M. Pijade 158, Zagreb.

KINETIKA RETENCIJE I DISTRIBUCIJE ^{65}Zn , ^{59}Fe I ^{64}Cu U ODNOŠU NA DOB

Retencija radioaktivnog cinka, željeza i bakra bila je povišena u tijelu i mozgu kao i pojedinim organima šest dnevnih životinja u odnosu na odrasle što ukazuje na fiziološku podlogu specifične radiosenzitivnosti mlađih organizama.

Poznato je da su mlađi organizmi osobito osjetljivi na izloženost radio-toksičnoj noksi (1). Ranija istraživanja pokazala su da se teški metali oovo, kadmij i živa bolje apsorbiraju i čvršće vežu u tijelu i organizma mlađih za razliku od odraslih životinja (2). Svrha je ovoga rada da ispita ovisnost kinetike retencije i distribucije esencijalnih elemenata u tragovima cinka, željeza i bakra u odnosu na dob (3).

MATERIJAL I METODE

Pokus je izведен na dvije dobne skupine ženki bijelog štakora. Jednu skupinu sačinjavali su mlađunci u dobi od šest dana u leglima od po šest životinja a drugu ženke bijelog štakora u dobi od šest tjedana. Svaka je skupina podijeljena na po tri podskupine ovisno o tome da li su životinje primile ^{65}Zn , ^{59}Fe ili ^{64}Cu (Amersham, England). Mlade životinje umjetno su hranjene pasteriziranim kravlјim mlijekom označenim sa jednim od navedenih izotopa (3.7×10^4 Bq/ 0.45 ml/8 sati) (4). Mlađunci su potom vraćeni dojiljama i nakon četiri dana žrtvovani u suvišku etera. Aktivnost cijelog tijela odredjena je u scintiliacijskom brojaču NaI (Tl) (Tobor, Nuclear Chicago, USA) a aktivnost u jetri,

Kinetika retencije i distribucije ^{65}Zn , ^{59}Fe i ^{64}Cu u odnosu na dob (% doze)*

	Mladi (6 dana)			Odrasli (6 tjedana)		
	^{65}Zn	^{59}Fe	^{64}Cu	^{65}Zn	^{59}Fe	^{64}Cu
Ukupna tjelesna aktivnost						
4. dan	81.2 ± 3.0	94.0 ± 2.1	74.9 ± 2.6	57.1 ± 2.8	73.5 ± 3.0	36.9 ± 4.2
8. dan				48.9 ± 2.4	70.4 ± 2.5	
	4. dan			8. dan		4. dan
Jetra	11.8 ± 1.1	7.8 ± 3.0	27.6 ± 3.1	2.4 ± 0.1	13.1 ± 0.6	29.7 ± 3.3
Bubrezi	1.13 ± 0.12	1.26 ± 0.36	0.42 ± 0.02	0.48 ± 0.02	1.56 ± 0.08	8.05 ± 0.67
Mozak	1.95 ± 0.15	1.20 ± 0.14	1.13 ± 0.02	0.30 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.55 ± 0.06
Femur	0.543 ± 0.064	0.255 ± 0.038	0.058 ± 0.004	1.08 ± 0.04	0.22 ± 0.01	0.46 ± 0.04

* Aritmetička sredina (\bar{X}_{9-12}) \pm standardna pogreška

bubrežima, mozgu i femuru u Well scintalicijskom brojaču istoga proizvodjачa.

Odrasle životinje bile su tri dana na nutricionom pretretmanu pasteriziranim kravljim mlijekom ad libitum a nakon toga su primile jednokratno peroralnom sondom 3.7×10^4 Bq bilo ^{65}Zn , ili ^{59}Fe ili ^{64}Cu . Životinje su nakon toga hranjene mlijekom još osam dana osim u slučaju kratkoživućeg ^{64}Cu kada je postaplikaciono razdoblje trajalo četiri dana. Aktivnost u cijelome tijelu i organima odredjena je na isti način kao i u sisajućih životinja.

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina sa standardnom pogreškom a značajnost razlika ispitana je t-testom.

REZULTATI I DISKUSIJA

Retencija sva tri esencijalna elementa u tragovima bila je viša u tijelu mlađih nego u tijelu odraslih životinja ($P < 0.01$) (Tablica). Na taj način ranije uočeni fenomen povišene retencije teških metala u mlađoj dobi (2) samo je dio opće slike povišene retencije i apsorpcije metala u neonatalnom organizmu u kojem prevladavaju anabolički procesi. Retencija svih ispitanih radio-nuklida u mozgu bila je također viša u mlađih životinja i to za cink šest puta, za željezo pet puta a za bakar dva puta ($P < 0.01$). Rezultati ukazuju na veliku vulnerabilnost moždanog tkiva u odnosu na potencijalni nedostatak spomenutih esencijalnih elemenata u tragovima u neonatalnoj dobi. Zanimljivo je da distribucija železja u jetri, bubrežima i femuru nije ovisila o dobi što ukazuje na ranu diferenciranost u procesima metabolizma željeza. Visoka retencija ^{64}Cu u jetri mlađih i odraslih životinja neovisno o dobi ukazuje na jetru kao mogući target organ za ekspoziju bakrom. Retencija cinka u jetri i bubrežima bila je viša u mlađih nego u odraslih a za razliku od toga retencija bakra bila je znatno viša u bubrežima odraslih životinja. Moguće je da je mlijeko slabi izvor bakra za potrebe neonatalne dobi (5) što uzrokuje njegovo

preferentno korištenje za vitalne funkcije. I cink se preferentno koristi u metaboličkim procesima a što se, ovisno o količini unesenoj hranom, odražava na depoziju toga elementa u skeleta (6).

Rezultati eksperimenata ukazuju na značaj poznavanja kinetike retencije i distribucije radionuklida ovisno o dobi s obzirom na moguće kritične organe i eventualni radiotoksikološki učinak.

THE KINETICS OF ^{65}Zn , ^{59}Fe AND ^{64}Cu RETENTION AND DISTRIBUTION IN RELATION TO AGE

Radioactive zinc, iron and copper retention was higher in the whole body and brain, as well as in some organs, of six-day-old as compared to adult rats indicating a physiological background of specific radiosensitivity in the very young.

LITERATURA

1. Stara J.F., Nelson N.S., Della-Rosa R.J., Bustand K.L.: Health Phys., 20 (1973) 113.
2. Kostial K.: Health evaluation of heavy metals in infant formula and junior food (Ed.E.H.F.Schmidt), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1983, p.99.
3. Momčilović B.: Uџbenik patofiziologije (Urednici S. Gamulin, S. Krvavica, M. Marušić), Školska knjiga, u pripremi.
4. Momčilović B., Rabar I.: Period.Biol., 81 (1979) 27.
5. Cordano A.: Ann.Nestle, No. 33 (1974) 2.
6. Momčilović B., Belonje, B., Giroux A., Shah B.G.: Natr.Rep.Intl., 12 (1975) 197.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Emanović, D., Kraljević, P., Kos, K., Gomerčić, H., Šimpraga, M.

Veterinarski fakultet, Zagreb

KRETANJE KONCENTRACIJE NEKIH MINERALA U KRVNOJ PLAZMI PILIĆA

NAKON PARENTERALNE APLIKACIJE RADIOAKTIVNOG FOSFORA ^{32}P

Sažetak. - Praćeno je kretanje koncentracija Ca, Mg i P u krvnoj plazmi pilića tijekom 10 dana nakon jednokratne i.m. aplikacije fosfora-32. Koncentracija Ca i Mg porasla je 1. i 5. dana, dok se koncentracija P nije mijenjala tijekom promatranog razdoblja.

Uvod

Nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P kokošima, najveća količina radioaktivnog izotopa odlaže se u kostima, jetri i bubrežima (1). Kako su ovi organi odgovorni i za održavanje homeostaze Ca, Mg i P, to se može očekivati da će se djelovanje ionizacijskog zračenja odraziti i na njihovu prometu u kontaminiranom organizmu.

Materijal i metoda

Istraživanja su izvršena na 50-dnevnim pilićima hibridne linije Ross. Pilići su podijeljeni u dvije skupine - pokusnu (7 životinja) i kontrolnu skupinu (4 životinje). Pokusnoj skupini i.m. je jednokratno aplicirana izotonična otopina radioaktivnog fosfora ^{32}P u obliku Na_2HPO_4 i u dozi od 166,5 MBq/kg tjelesne mase, a kontrolnoj skupini, umjesto radioaktivne otopine Na_2HPO_4 , apliciran je odgovarajući volumen fiziološke otopine NaCl/kg tjelesne mase.

Neposredno prije, te 1, 3, 5, 7. i 10. dana nakon aplikacije radioaktivnog izotopa ^{32}P uzeta je krv s heparinom kao antikoagulansom venopunkcijom iz krilne vene i centrifugiranjem je odmah odvojena krvna plazma.

Količina Ca i Mg u plazmi odredjena je atomskom absorpcijskom spektrofotometrijom (Perkin Elmer), a količina P kolorimetrijski (2).

Dobiveni rezultati obradjeni su statistički i prikazani kao srednje vrijednosti (M) sa standardnom pogreškom srednje vrijednosti (S.E.), a značajnost promjena provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru (3).

Rezultati i razmatranje

Rezultati pokusa prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Kretanje koncentracija Ca, Mg i P u krvnoj plazmi pilića tijekom pokusa ($M \pm S.E.$)

	Prije pokusa	Dan nakon aplikacije ^{32}P				
		1.	3.	5.	7.	10.
		Ca	mg/100 ml			
Kontrolna skupina	13,67 $\pm 0,77$	15,65 $\pm 0,39$	14,15 $\pm 1,22$	12,32 $\pm 0,24$	14,48 $\pm 1,30$	11,47 $\pm 1,19$
Pokusna skupina	— $\pm 2,88$	18,74 $\pm 1,30$	13,49 $\pm 1,30$	17,08* $\pm 0,38$	13,88 $\pm 1,14$	12,63 $\pm 2,65$
Mg						
Kontrolna skupina	2,79 $\pm 0,16$	2,80 $\pm 0,09$	2,82 $\pm 0,16$	2,60 $\pm 0,06$	2,83 $\pm 0,09$	3,09 $\pm 0,23$
Pokusna skupina	— $\pm 0,29$	3,40 $\pm 0,29$	2,62 $\pm 0,21$	3,42** $\pm 0,11$	2,85 $\pm 0,17$	2,98 $\pm 0,17$
P						
Kontrolna skupina	5,62 $\pm 0,25$	5,10 $\pm 0,41$	5,35 $\pm 0,42$	3,72 $\pm 0,49$	4,37 $\pm 0,46$	9,04 $\pm 1,50$
Pokusna skupina	— $\pm 0,32$	5,70 $\pm 0,32$	5,96 $\pm 0,34$	3,85 $\pm 0,36$	4,22 $\pm 0,32$	8,13 $\pm 0,45$

* = $P < 0,001$; ** = $P < 0,005$.

Kako se iz rezultata vidi aplikacija radioaktivnog izotopa ^{32}P nije utjecala na koncentraciju P u krvnoj plazmi pilića tijekom promatranog razdoblja.

Koncentracija Ca i Mg porasla je u krvi pokusnih pilića 1. i 5. dana nakon aplikacije ^{32}P . Ovaj porast koncentracije bio je 5. dana statistički veoma značajan (Ca - $P < 0,001$; Mg - $P < 0,005$). Poznato je da ionizacijsko zračenje utječe na mnoge metaboličke procese u organizmu (4). To, pak, može imati za posljedicu povećanje koncentracije različitih metabolita u krvnoj plazmi koji s Ca i Mg tvore kompleksne spojeve smanjujući tako udio ioniziranih Ca i Mg u plazmi. Ovaj manjak ioniziranog Ca i Mg u krvnoj plazmi mogao bi nadoknaditi homeostatski mehanizam kostiju odpuštanjem ovih iona u krv. Kao rezultat ovih zbivanja mogao bi biti i opisani porast ukupnog Ca i ukupnog Mg u krvnoj plazmi promatranih pilića.

Abstract

The effect of a single dose of radioactive phosphorus on Ca, Mg and P concentration changes in blood plasma of 50 days old chickens was investigated during ten days after injection of phosphorus-32. The concentrations of P were practically unchanged up to the end of the experiment. Concentrations of Ca and Mg rose on days 1 and 5 probably due to rise of the complexly bond part of ultrafiltrable fractions of these ions in blood plasma.

Literatura

1. Shirley, R. L., Driggers, J. C., McCall, J. T., Nienberg, M., Davis, G. K.: *Poultry Sci.*, 33 (1954) 932.
2. Benedict, E., Theis, A. (1934), cit. po Tranger-Haas, Margareta: *Doktorska disertacija*, Zagreb, 1970.
3. Renner, E.: *Mathematisch-statistische Methoden in der praktischer Anwendung*, Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg, 1970.
4. Bacq, E.M., Alexander, P. : *Fundamentals of radiobiology*. 2nd Ed., Pergamon Press, Oxford-London-Edinburgh-New York-Toronto-Paris-Frankfurt, 1966.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Kraljević P., Emanović D., Mitin V., Gomerčić H., Šimpraga M.

Veterinarski fakultet, Zagreb

ENZIMSKI PROFIL U KRVNOJ PLAZMI PILIĆA NAKON UNUTARNJE

KONTAMINACIJE RADIOAKTIVNIM FOSFOROM ^{32}P

Sažetak. - Istraživana je aktivnost aspartat-aminotransferaze, alanin-aminotransferaze, dehidrogenaze mlijecne kiseline, dehidrogenaze hidroksimaslačne kiseline, δ -glutamil-transpeptidaze i leucin-aminopeptidaze u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije fosfora-32. Dobiveni rezultati pokazali su da se aktivnost svih istraživanih enzima osim aspartat-aminotransferaze značajno smanjila nakon aplikacije radionuklida.

Uvod

U našim ranijim radovima (1, 2, 3) pokazali smo da se aktivnost nekih enzima u krvnoj plazmi pilića značajno mijenja nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P .

U ovom radu prikazat ćemo sve dobivene rezultate zajedno u obliku enzimskog profila, te pokušati procjeniti da li određivanje enzimskog profila u krvnoj plazmi pilića može poslužiti kao pokazatelj organskih ili funkcionalnih oštećenja u pilića izazvanim ionizacijskim zračenjem.

Materijal i metoda

Pokusne smo obavili na pilićima, hibridima teške pasmine Ross, oba spola, starim 50 dana ($n=7$). Pilićima smo intramuskularno injicirali radioaktivni fosfor ^{32}P u obliku $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ a u dozi 166,5 MBq po kilogramu tjelesne težine. Osim pokusne skupine imali smo i kontrolnu skupinu pilića ($n=4$), koje smo držali pod istim uvjetima kao i piliće iz pokusne skupine, a umjesto ^{32}P injicirali smo fiziološku otopinu natrijeva klorida.

Krv za analizu uzimali smo 1, 3, 5, 7 i 10 dana nakon aplikacije ^{32}P . U krvnoj plazmi odredjivali smo spektrofotometrijski aktivnost aspartat-aminotransferaze (AST) alanin-aminotransferaze (ALT), dehidrogenaze mlijecne kise-

line (LDH), dehidrogenaze α -hidroksimaslačne kiseline (HBDH), γ -glutamil-transpeptidaze (γ -GT) i leucin-aminopeptidaze (LAP) koristeći komplete reagencije proizvodjača Radonja, Sisak (za odredjivanje aktivnosti AST i ALT) i Boehringer, Mannheim, SR Njemačka (za odredjivanje aktivnosti LDH, HBDH, γ -GT i LAP). Po završetku pokusa životinje smo žrtvovali i izvršili patohistološki pregled unutarnjih organa.

Rezultati su statistički obradjeni i prikazani kao postotak od odgovarajućih kontrolnih vrijednosti. Razlika među skupinama provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

Rezultati i diskusija

Rezultati pokusa prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Kretanje aktivnosti enzima u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije fosfora-32 izražene kao postotak od vrijednosti dobivenih u kontrolne skupine pilića (statistički značajne promjene označene su zvijezdicom)

Enzimi	dani nakon aplikacije ^{32}P				
	1	3	5	7	10
AST	95	101	85	78	106
ALT	94	48	32	0*	33
LDH	110	131	91	28*	92
HBDH	111	104	94	55*	62
γ -GT	72	80	105	85	43*
LAP	93	81*	96	89	92

Iz tablice možemo razabrati da od svih istraživanih enzima jedino aktivnost AST nije pokazala značajne promjene tijekom pokusnog razdoblja. Aktivnost LAP bila je značajno smanjena 3. dana pokusa ($P<0,02$), dok je 7. dana pokusa zabilježen pad aktivnosti ALT ($P<0,01$), LDH ($P<0,01$) i HBDH ($P<0,005$). Aktivnost γ -GT bila je značajno smanjena 10. dana pokusa ($P<0,05$). Patohistološki nalaz bio je negativan kod svih pokusnih pilića.

Iako nismo našli nikakvih patomorfoloških promjena na organizmu pokusnih pilića, ipak pretpostavljamo da su nadjene promjene u aktivnosti enzima znak

biokemijskih oštećenja jetre izazvanim ionizacijskim zračenjem. Ovu prepostavku temeljimo na rezultatima koje su iznijeli Bogin i Israeli (4), i Bogin i sur. (5), a koji pokazuju da su ALT i HBDH specifični za jetru pilića, te na nalazu Kraljevića (6) koji je našao da odredjivanje aktivnosti γ -GT i LAP u krvnoj plazmi pilića može poslužiti za dijagnostiku različitih patoloških promjena u jetri kokoši.

Za sada je teško pouzdano reći koji je pravi razlog smanjenju aktivnosti enzima u krvnoj plazmi kontaminiranih pilića. Ovaj pad može biti zbog a) razaranja ili inaktivacije enzima; b) smanjene sinteze enzima zbog razaranja mehanizma odgovornih za njihovu sintezu, i c) zbog oslobođanja inhibitora ili isčezavanja aktivatora enzima. Od iznesenih prepostavki nama se ipak čini najvjerojatnija druga (b), tj. da je ovo smanjenje aktivnosti enzima posljedica smanjene sinteze enzima zbog razaranja mehanizma odgovornih za njegovu sintezu. Ovu prepostavku temeljimo na rezultatima koje su iznijeli Apelgot i Latarjet (7). Oni su naime pokazali da ^{32}P ako je ugradjen u DNK djeluje letalno na stanicu (osim što može oštetići DNK) putem transmutacije. Vrlo je vjerojatno da će se ^{32}P , upotrijebljen u našim pokusima, ugraditi u DNK jer je on njezin gradivni element, pa će prema tome izazvati njezino oštećenje ili čak smrt stanice. Budući da je DNK sadržana u genima i služi kao kalup za sintezu tzv. iRNK koje upravljaju sintezom proteina, a posebice enzima, to spomenuti transmutacijski letalni učinak ^{32}P na stanicu može imati za posljedicu smanjenu sintezu enzima u stanicama, pa zbog toga i njihova smanjena aktivnost u serumu.

No, bez obzira na pravi uzrok smanjenju aktivnosti enzima možemo zaključiti da je odredjivanje enzimskog profila u krvnoj plazmi kontaminiranih pilića koristan biokemijski pokazatelj, jer ukazuje na funkcionalna oštećenja jetrinih stanica izazvanih ionizacijskim zračenjem, i to u vrijeme kada se još nisu pojavili klinički znakovi bolesti i kada razudbom i patohistološkom pretragom organa nije moguće utvrditi morfoloških promjena.

Abstract

The activity of aspartate aminotransferase, alanin aminotransferase, lactate dehydrogenase, α -hydroxy-butyrate dehydrogenase, γ -glutamyl-transpeptidase and leucine aminopeptidase in the blood plasma of radioactive isotope phosphorus-32 treated chickens was investigated. All enzymes, except aspartate aminotransferase decreased significantly during experimental period.

Literatura

1. Kraljević, P., D. Emanović, V. Mitin, H. Gomerčić, Branka Kecerin, H. Mazija: Vet.arhiv, 52 (1982) 241.
2. Emanović, D., P. Kraljević, V. Mitin, H. Gomerčić, H. Mazija: Acta Vet. (Beograd), 33 (1983) 263.
3. Kraljević, P., D. Emanović, V. Mitin, H. Gomerčić: Periodicum Biol., 87 (1985) (u tisku)
4. Bogin, E., B. Israeli: Zbl. Vet. Med. A, 23 (1976) 152.
5. Bogin, E., Y. Avidar, B. Israeli: Zbl. Vet. Med. A, 23 (1976)
6. Kraljević, P.: Vet. arhiv, 50 (1980) 277.
7. Apelgot, S., R. Latarjet: Int. J. Radiat. Biol., 10 (1966) 165.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

Stojanović D. i Milivojević K.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

RADIJACIONO HEMATOLOŠKI ASPEKTI I MOGUĆNOSTI
PRIMENE STIMULATORA HEMATOPOEZE

Sažetak U okriva ispitivanja efekta jonizujućeg zračenja na panticopeniju, program restitucije i izbora stimulatora hematopoeze u akutnoj i postakutnoj fazi radijacione bolesti, dobijeni rezultati su pokazali sledeće: u uslovima opšteg jednokratnog i višekratnog ozračivanja visokim subletalnim dozama gama zračenja najizrazitija leukopenija je od 2-7. dana; numerička restitucija kod frakcioniranog reozračivanja je usporena i pored terapije Plibexom; pad broja eritrocita registrovan je od 10-20. dana bez potpune normalizacije do kraja perioda posmatranja.

Uvod

Medju najodgovornijim sistemima za patologiju jonizujućih zračenja smatraju se hematopoejni i simpatoadrenalni sistem (1). U praktici za dijagnostiku su od značaja u prvom redu hematološke promene (2), koje se mogu tretirati kao postradijacione, pored dermatoloških i oftalmoloških promena. Cilj ovog rada je da ukaže na neke mogućnosti simptomatske terapije hematoloških promena u zavisnosti od faze akutne radijacione bolesti.

Materijal i metoda

Za ocenu postradijacione reakcije organizma u eksperimentalnim uslovima korišćeni su: preživljavanje, kliničke manifestacije akutne i postakutne faze radijacione bolesti, numeričke varijacije uobičajenih elemenata u perifernoj krvi i efekat primene Plibex-a na hematološku restituciju.

Ogledi su izvedeni na belim pacovima, telesne težine oko 200 g. Gama ozračivanje celog tela vršeno je na izvoru kobalta 60. Kod jednokratnog izlaganja doze su bile 5 Gy, a kod frakcioniranog 3x2 Gy u toku 6 dana.

• Rezultati i diskusija

Od hematoloških parametara ispitivanja su obuhvatala numeričke varijacije leukocita, limfocita, neutrofila, eritrocita, retikulocita, trombocita, vrednosti hemoglobina i hematokrita, a na slikama 1 i 2 dat je prikaz leukocita i eritrocita. Analiza dobijenih rezultata omogućava sledeće konstatacije:

- u uslovima opšteg jednokratnog i višekratnog ozračivanja visokim subletalnim dozama gama zračenja najizrazitija leukopenija je od 3-7. dana;
- numerička restitucija kod frakcionirano reozračenih je usporena i pored terapije Plibex-om nije postignuta normalizacija do 60. dana;
- pad broja eritrocita registrovan je od 10-20. dana, a do kraja perioda posmatranja nije postignuta normalizacija numeričkih vrednosti.

U radijacionoj medicini hematološke promene su od posebnog značaja, jer se javljaju rano i primarno u odnosu na lezije drugih sistema i predstavljaju značajan biološki indikator postradijacionih efekata.

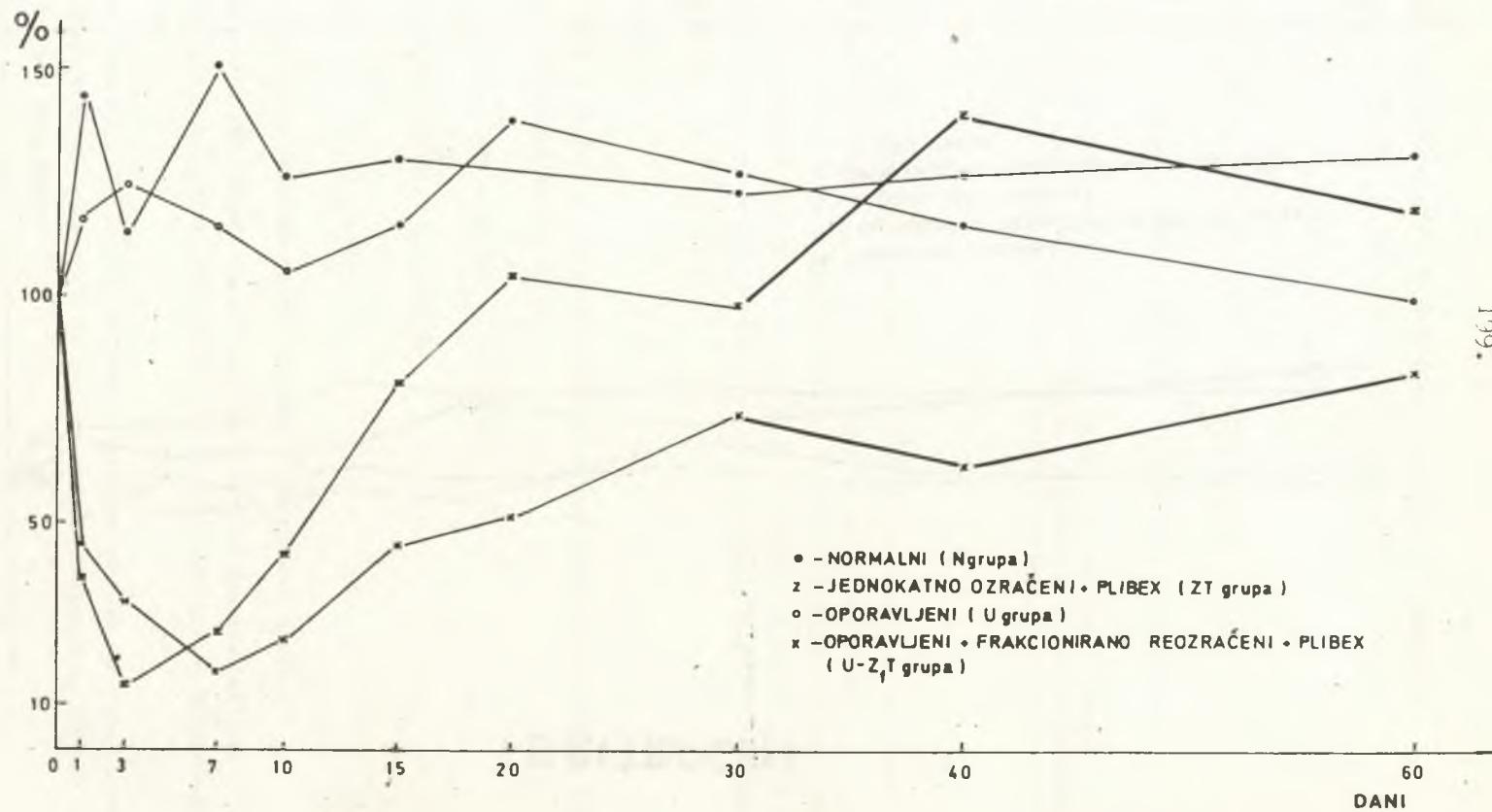
Abstract

In the frame of investigation of the effect of ionizing radiation occurred on pancytopenia, the problem of restitution and choice of stimulators haematopoiesis in acute and post-acute phase of radiation illness showed the following: in conditions of the total single or fractional irradiation by high sublethal doses of the gamma irradiation, the most expressive fall of leucocytes occurs from 2nd to 7th days; numerical restitution at fractional reirradiation was slower in spite of therapy with Plibex; the fall of erythrocytes number was registered from 10th to 20th days without normalization - to the end of the observed period.

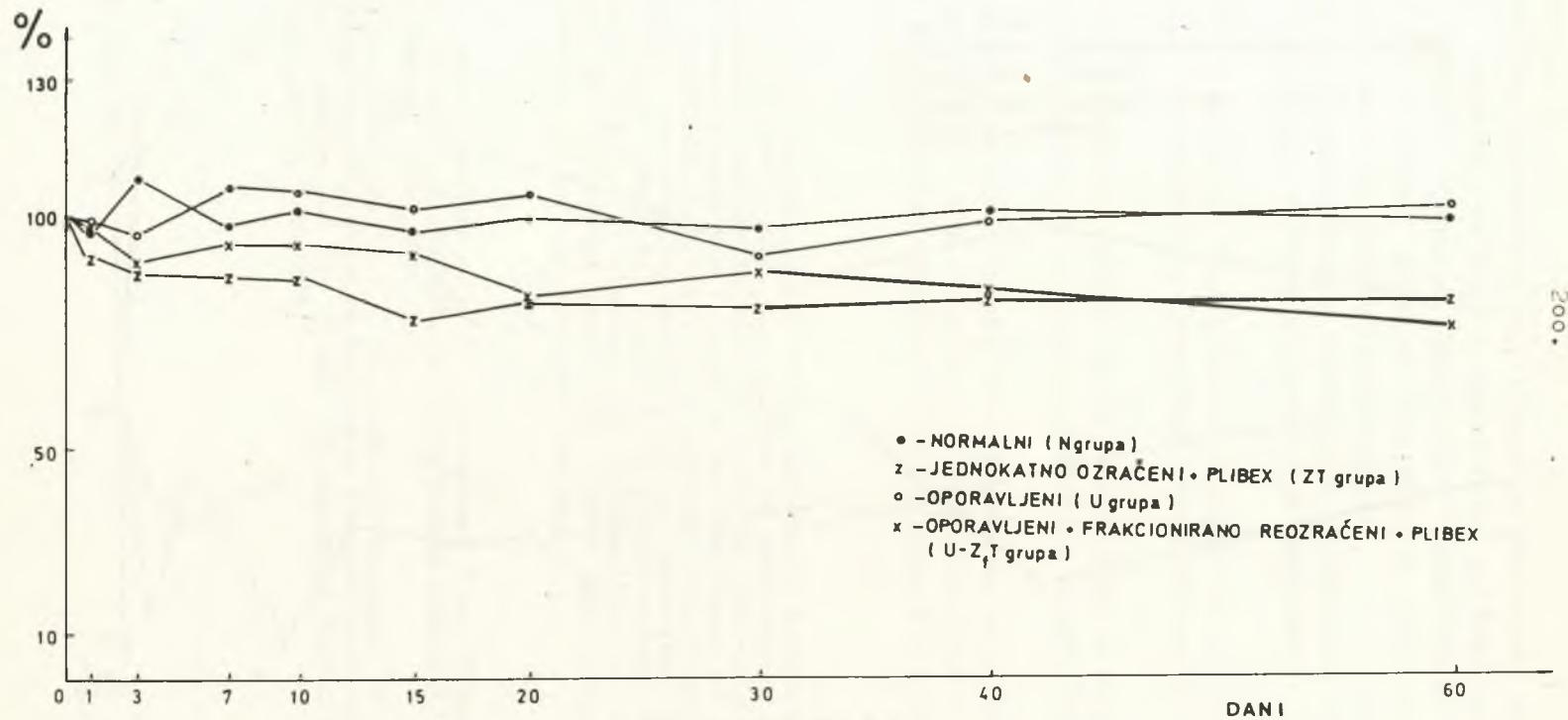
Literatura

1. Darenškaja, N.G., Kuznjecova, S.S., Čehonadski, N.A.: Zbornik materialov II Radiobiologičeskaja konferencija socijalističeskih stran, Varna, 1978, str. 96.
2. Stojanović, D., Milivojević, K.: XI. Regional Congress of IRPA Austrian-Hungarian-Yugoslavian Radiation Protection Meeting, "Recent Developments and New Trends in Radiation Protection", Vienna, Vol.1, 1983, str. 284.

LEUKOCITI



ERITROCITI



XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985. godine

A.Milovanović, A.Granov*, S.Čizmić*, M.Ćosić

Vojnotehnički institut, Beograd

* SOUR "SBS", RO "Institut SBS", Sarajevo

ZAŠTITNI EFEKTI FOSFOROTIOATA U OZRAČENIH ŽIVOTINJA

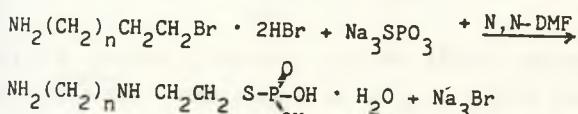
REZIME. Sintetisani su tiofosforni derivati cisteamina WR-2578 i WR-2721. Pri različitim putevima unošenja u miševa i pacova ispitana je njihova toksičnost. Radioprotektivni efekti ispitivani su pri intraperitonealnoj i peroralnoj aplikaciji preparata.

Uvod

Od prve primene radioprotectora proteklo je više od tri decenije. Hemijska profilaksa radijacionih oštećenja je danas priznata oblast radiobiologije. Od desetine hiljada ispitanih jedinjenja potencijalnih radioprotectora najveće zaštitne efekte su pokazali aminotiooli /1, 2, 3, 4/. Njihova relativno velika toksičnost uticala je da se sintetišu derivati koji su manje toksični a efikasniji radioprotectori /5, 6, 7, 8, 9/.

Materijal i metode

Sinteza WR-2578 i WR-2721 je izvedena prema patentnom postupku uz izvesne modifikacije /5/. Odvija se po reakciji:



n = 2 WR-2578 n = 3 WR-2721

Identifikacija je izvršena pomoću NMR spektra i elementarne analize.

Ispitivanja akutne toksičnosti i zaštitne sposobnosti preparata izvršena su na miševima soja C57BL mužjacima mase 22-25 g i pacovima soja Wistar mužjacima mase 220-250 g.

Zaštitna moć WR-2578 i WR-2721 je ispitana u uslovima intraperitonealne i peroralne aplikacije na 15, odnosno 30 minuta pre ozračenja miševa sa 800 cGy a pacova sa 900 cGy gama zraka ^{60}Co .

Rezultati i diskusija

Na tabeli 1. su pokazani rezultati ispitivanja toksičnosti radioprotektora. Za obe životinjske vrste preparati su najmanje toksični pri peroralnoj aplikaciji. WR-2578 je manje toksičan per os za miševe, a WR-2721 za pacove, pa kod ovih životinja nije bilo moguće precizno odrediti LD-50. Pri parenteralnoj aplikaciji WR-2721 je značajno toksičniji u pacova nego u miševa.

Tabela 1. AKUTNA TOKSIČNOST FOSFOROTIOATA

Način aplikacije	LD-50 \pm SE (mg/kg)			
	WR-2578		WR-2721	
	Miševi	Pacovi	Miševi	Pacovi
i.p.	2456 \pm 80	876 \pm 84	999 \pm 22	646 \pm 23
i.m.*	-	950 \pm 59	1150 \pm 42	507 \pm 47
s.c.	2570 \pm 63	1370 \pm 126	1107 \pm 47	592 \pm 49
p.o.	>2600	2411 \pm 111	1412 \pm 158	> 2000

Podaci o preživljavanju miševa i pacova koji su pre ozračenja primili različite doze WR-2578 su prikazani na Tabeli 2. Visok stepen zaštite miševa postiže se aplikacijom 218 mg/kg WR-2578. U grupi životinja koja je i.p. primila 1200 mg/kg preživelo je 100 %, dok je letalitet u kontrolnoj grupi bio 90 %. Kod miševa je WR-2578 efikasan radioprotektor i pri primeni per os. Postignuti zaštitni efekti su vrlo signifikantni ($P < 0.001$). U pacova je WR-2578 efikasan radioprotektor samo pri intraperitonealnoj aplikaciji. Pri dozi od 436 mg/kg do kraja posmatranja preživjava 86 % životinja, a u kontrolnoj grupi samo 5 %. Peroralna primena WR-2578 u pacova je neefikasna.

Na Tabeli 3. su pokazani protektivni efekti WR-2721 u miševa i pacova. Pri i.p. aplikaciji miševima isti zaštitni efekat postiže se dozama 250 - 500 mg/kg, dok se pri p.o. aplikaciji 500 mg/kg postiže 100 % zaštita. Suprotno ovako povoljnim efektima WR-2721 kod miševa u pacova pri i.p. i p.o. aplikaciji u našim eksperimentalnim uslovima nisu postignuti zaštitni efekti.

Naši prvi rezultati ispitivanja toksičnosti WR-2578 i WR-2721 pokazuju da su ti preparati manje toksični od cisteamina i cistafosa. Oni su efikasni radioprotektori i pri peroralnoj aplikaciji. Stoga je u narednom periodu neophodno detaljnije izučavanje njihove radioprotективне sposobnosti i sporednih farmakoloških efekata.

Tabela 2. UTICAJ WR-2578 NA PREŽIVLJAVANJE OZRAČENIH ŽIVOTINJA

Životinje	Doza prep. (mg/kg)	Način apl.	Doza zra- čenja (cGy)	Uginuli Preživeli	% preživelih do 30 dana
Miševi	-	-	800	36/4	10
"	218	i.p.	"	4/16	80*
"	436	"	"	4/16	80*
"	1200	"	"	0/15	100*
"	436	p.o.	"	2/18	90*
"	1300	"	"	0/20	100*
Pacovi	-	-	900	38/2	5
"	218	i.p.	"	16/4	20
"	436	"	"	2/13	86*
"	654	"	"	3/12	79*
"	436	p.o.	"	20/0	0
"	1200	"	"	20/0	0

* P < 0.001 u odnosu na preživljavanje kontrolnih životinja

Tabela 3. UTICAJ WR-2721 NA PREŽIVLJAVANJE OZRAČENIH ŽIVOTINJA

Životinje	Doza prep. (mg/kg)	Način apl.	Doza zra- čenja (cGy)	Uginuli Preživeli	% preživelih do 30 dana
Miševi	-	-	800	36/4	10
"	250	i.p.	"	9/11	55*
"	375	"	"	8/12	60*
"	500	"	"	9/11	55*
"	375	p.o.	"	18/2	10
"	500	"	"	0/20	100*
"	750	"	"	5/15	75*
Pacovi	-	-	900	38/2	5
"	250	i.p.	"	16/4	20
"	500	"	"	18/2	10
"	500	p.o.	"	20/0	0
"	1000	"	"	18/2	10

* P < 0.01 u odnosu na preživljavanje kontrolnih životinja

PROTECTIVE EFFECTS PHOSPHOROTHIOATE IN IRRADIATED ANIMALS

Abstract

Phosphorothioate derivatives of cysteamine WR-2578 and WR-2721 were synthesized and their acute toxicity was determined in mice and rats for different routes of administration. Radioprotective effects were examined after intraperitoneal and oral administration respectively.

Literatura

1. Romancev, E.F.: Radiacijia i himičeskaya zaščita, Atomizdat, Moskva, 1968
2. Suvorov, N.N.; Šaškov, V.S.: Himija i farmakologija sredstv profilaktiki radacionyh poraženij, Atomizdat, Moskva, 1975
3. Možžuhin, A.S.; Račinskij F.Ju.: Himičeskaja profilaktika radiacionyh po- raženij, Atomizdat, Moskva, 1979
4. Sweeney, R.T.: A survey of compounds from the antiradiation drug development program of the U.S. army medical research and development command, Washington, 1979
5. Piper, R.J.; Stringhollow, C.R.; Jonston, T.P.: J.Med.Chem. 12 (1969) 244
6. Piper, R.J.; Johnston, J.P.: U.S. Patent 3.892.824 july 1975
7. Sverdlov, S.A. i sar.: Radiobiologija, 14 (1974) 304
8. Jarmonenko, S.P.: Radiobiologija čeloveka i životnyh, Vissaja škola, Moskva, 1977
9. Yuhas, M.J.: On the potential application of radioprotective drugs in solid tumor radiotherapy. In: Radiation-drag interactions in the treatment of cancer, John Wiley & Sons, New York, 1980

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD
ZRAČENJA, PULA, 10 - 13. junij 1985.

Milošević Z., Kljajić R., Horšić Emilija,
Hasanbašić Danica., Vukotić Z.

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU, VETERINARSKI FAKULTET SARAJEVO

ZASTITNO DJELOVANJE CISTAFOSA NA TOK
AKUTNOG RADIJACIONOG SINDROMA KOD KOZA

R E Z I M E

Ispitan je zaštitni efekt cistafosa (WR-638) u toku ARS kod koza ozračenih poluletalnim dozama X zračenja velike energije (4MeV). Dobijeni rezultati ukazuju da ARS ima znatno blaži tok kod cistafosom stičenih životinja. To potvrđuju: smanjena smrtnost, duže preživljavanje, znatno manji pad trombocita i leukocita u perifernoj krvi, biodozimetrijski pokazatelji i patomorfološki nalaz.

U V O D

U ispitivanju zaštitnog efekta hemijskih materija na tok akutnog radijacionog sindroma zapaženo je da supstance koje u svom sastavu imaju sumpor pružaju visok stepen zaštite ozračenih eksperimentalnih životinja (1,3,15). U ovim ispitivanjima visoku efikasnost pokazala je mononatrijumova sol S-beta-aminoetiltiofosforne kiseline pod nazivom cistafos ili WR-638 (2,5,11). To je hemijski stabilan preparat i mnogo manje toksičan od do sada ispitivanih jedinjenja što omogućava primjenu većih doza ovog preparata.

Njegovo djelovanje je ispitano na većem broju laboratorijskih životinja i ustanovljen je visok stepen zaštite nakon ozračivanja visokim dozama jonizirajućih zračenja (6,7,12,13,14). Cistafos pruža mnogo bolju zaštitu od hematopoetskih nego od gastrointestinalnih i cerebralnih formi ARS (10). Zaštitni efekt ovisi, osim od doze, i od načina unošenja i vremena aplikacije.

Materijal i metode rada:

Eksperimentom su obuhvaćene 24 koze autohtone pasmine, starosti dvije godine, teške 25-28 kg. Životinje su podijeljene u dvije eksperimentalne grupe od po 12 koza "A" i "B". Obje grupe su ozračene X-zracima dobijenim linearnim akceleratorom sa maksimalnom brzinom ekspozicione doze od $2,5 \text{ mC kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Životnjama "A" grupi apliciran je cistafos u dozi od 150 mg/kg u vodenom rastvoru (20 ml redestilirane vode) i.m., 30 minuta prije ozračivanja (10). Sve koze su ozračene dozom od 2,4 Gy ($\pm 20\%$). Ozračivanje je izvedeno bilateralno u trajanju od po 12 minuta (8,9). U toku 30 postradijacionih dana kod svih životinja su praćeni klinički simptomi, hematološki i biodozimetrijski parametri (kromozomske aberacije). Patomorfološke pretrage vršene su odmah nakon uginuća, odnosno nakon žrtvovanja životinja koje su preživjele period od 30 dana.

Rezultati i diskusija

U "A" grupi životinja, štićenih cistafosom i ozračenih sa 2,4 Gy i držanih u eksperimentu 30 dana uginule su 3 životinje u periodu od 21. do 27. dana. Preživjelo je 9 životinja (75%). U "B" grupi (kontrolnoj) uginulo je 7 životinja u periodu 13. do 12. postradijacionog dana. Preživjelo je 5 životinja (41%).

Rezultati dobijeni hemogramom (tabela 1) pokazuju kod kontrolne grupe pad leukocita i trombocita u prva 24 sata oko 80% a kod štićenih ("A" grupa) 4-5% za leukocite i 17-20% za trombocite. I na kraju eksperimentalnog perioda je jasno vidljiva efikasnost štićenja cistafosa jer kod štićenih životinja je 28. dana po ozračivanju broj leukocita i trombocita 4-5 puta veći nego kod kontrolne grupe. Eritrociti kod obje grupe ne pokazuju signifikantan pad sve do 3. nedelje po ozračivanju kada njihov broj pada kod kontrolne ("B") grupe za 16-20% a kod štićene za svega 2%.

Rezultati biometrijske analize (kromozomske aberacije) pokazuju očiglednu efikasnost cistafosa. Broj bicentrika ima odnos 1:5 kod kontrolne grupe a 1:62 kod štićene. Broj kromozomskih aberacija kod kontrolne grupe iznosi 18-21% a kod štićene grupe je dvostruko reduciran. Faktor redukcije se kreće od 1,8-2,5.

Patolomorfološki nalazi pokazuju glavnu karakteristiku ispitivanog radioprotectora a to je neznatno krvarenje kod štićene grupe. Nalazi kod životinja kontrolne grupe pokazuju znake opšte hemoragične dijateze, brojna tačkasta i slivena

Tabela 1.

PROMJENE BROJA TROMBOCITA, LEUKOCITA I ERITROCITA U ŠTIĆENIH I NEŠTIĆENIH ŽIVOTINJA

Vrijeme	Grupa	Leukociti $10^9 L$	Eritrociti $10^{12} L$	Trombociti $10^9 L$
Prije ozrečenja	A	11,45 \pm 2,28	11,09 \pm 1,60	354 \pm 38
	B	11,93 \pm 1,76	11,14 \pm 1,42	337 \pm 29
1. dan	A	10,78 \pm 1,59	10,47 \pm 0,36	294 \pm 32
	B	6,76 \pm 0,68	10,26 \pm 1,14	178 \pm 23
3. dan	A	8,66 \pm 0,74	10,94 \pm 1,42	210 \pm 27
	B	3,75 \pm 0,44	11,08 \pm 0,52	64-18
7. dan	A	5,76 \pm 1,16	10,97 \pm 0,67	162 \pm 21
	B	2,54 \pm 0,34	10,82 \pm 0,24	55 \pm 14
14. dan	A	5,45 \pm 0,87	10,52 \pm 0,53	57 \pm 15
	B	1,82 \pm 0,31	10,50 \pm 0,33	21 \pm 8
21. dan	A	6,08 \pm 0,70	10,97 \pm 1,29	73 \pm 17
	B	1,57 \pm 0,51	9,18 \pm 0,72	17 \pm 5
28. dan	A	6,53 \pm 1,09	10,88 \pm 1,18	77 \pm 19
	B	1,32 \pm 0,47	8,72 \pm 0,96	14 \pm 3

A = cistafosom štićene životinje ozračene sa 2,4 Gy

B = ozračene sa 2,4 Gy (kontrolna grupa)

krvarenja u gotovo svim organima sa hemoragičnim upalama u probavnom traktu te hemoragičnim edemima i upalama u plućima.

Štićene životinje koje su preživjele nemaju praktično nikakvih promjena osim u nekoliko slučajeva subakutne kataralne upale u crijevima. I kod uginulih životinja iz ove grupe patoanatomske i patohistološke promjene su znatno slabije izražene nego kod uginulih iz kontrolne grupe.

Uporedjujući pojedine organe i sisteme vidimo da su u koži, potkožnom tkivu i muskulaturi neštićenih životinja brojna slivena krvarenja, dok su kod štićenih ustanovljena samo tačkasta i u jednom slučaju pojedinačna slivena krvarenja. Ista situacija je i na pleuri i interkostalnoj muskulaturi. U plućima su kod neštićenih životinja ustanovljeni hemoragični edemi i upale kojih kod štićenih životinja nema (samo kataralna upala).

U gastrointestinalnom sistemu ova razlika između "A" i "B" grupe nije tako očita. Ovdje dolazi do izražaja tvrdnja više autora (3,10,15) da cistafos znatno manje štiti od oštećenja zračenjem gastrointestinalni trakt nego hematopoetsko tkivo. Slična situacija je i u slučaju nalaza na mozgu.

Z a k l j u č a k:

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je cistafos efikasan radioprotector tj. pokazuje više signifikantnih znakova štićenja ozračenog organizma (koza) ako je apliciran u dozi od 150 mg/kg i.m., 30 minuta prije ozračivanja poluletalnom dozom visokoenergetskog X zračenja. Cistafos vrlo dobro štiti ozračeni organizam od hematoloških promjena a manje od gastrointestinalnih promjena u toku ARS. Tok hemoragične dijateze je kod cistafosom štićenih životinja znatno blaži ili gotovo izostaje. U periodu od 30 postradljivanih dana uginulo je 59% neštićenih i 25% štićenih životinja. Vrijeme preživljavanja je kod štićenih životinja znatno duže.

S u m m a r y

PROTECTIVE EFFECT OF CISTAFOS ON THE COURSE OF ARS IN GOATS

Protective effect of cistafos (WR-638) in the course of ARS in goats irradiated with semi-lethal doses of X-irradiation of high energy (4MeV) was examined. The obtained results indicate that ARS have considerably mild course in the animals protected with cistafos.

LITERATURA

1. Akerfeldt S.: Acta Radiol. 58,465-1963.
2. Harris J.V., Phillips L.T.: Radiat. Res. 46,362, 1971.
3. Jovanović M. i sar.: Dejstva ionizujućeg zračenja i zaštita ljudi i životinja hemijskim materijama. Univerzitetska knjiga, Sarajevo, 1982.
4. Kljajić R. i sar.: Zbornik XII Simp. JDZZ, 197-200, Ohrid, 1983.
5. Milovanović A., Pantelić D.: Vojnosanit. Pregl. 39,4,252-256, 1982.
6. Milovanović A., Čosić M.: Vojnosanit. Pregl. 40,5,325-328, 1983.
7. Milošević Z. i sar. : Veterinaria 31,373-377, 1982.
8. Milošević Z. i sar.: Zbornik XII Simp.JDZZ 201-204, Ohrid, 1983.
9. Milošević Z., i sar.: Vojnosanit. Pregl. 41,5,320-325, 1984.
10. Mozžuhin A.S., Raščinski F.J.: Himičeskaja profilaktika radiacionih poražnij. Atomizdat, Moskva, 1979.
11. Timošenko S.I., Bogatirjev A.V.: Radiobiologija, 15, 154, 1975.
12. Znamenskij V.V., Žerebčenko P.G.: Radiobiologija, 14, 604, 1974.
13. Znamenskij V.V. et al.: Radiobiologija 15, 79, 1975.
14. Yuhas J.M., Storer J.B.: Int. J. Radiat. Res. 15, 233,1969

XIII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

EFIKASNOST ORALNE KOMBINIRANE TERAPIJE KOD INTERNE
KONTAMINACIJE SA VIŠE RADIONUKLIDA

B. Kargačin, K. Kostial

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb,
Moše Pijade 158

U radu je ispitan učinak istovremene oralne primjene mješavine kalcijeva alginata, feri-ferocijanida i kalijeva jodida (kao antidota za radioaktivni stroncij, cezij i jod) te kelatogenog agensa Zn-DTPA (cinkov dietilentriaminpentacetat; antidot za transuranske elemente) na retenciju ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I i ^{141}Ce u sedmo-tjednih štakora. Terapijska sredstva su primijenjena u hrani prva tri dana pokusa a radionuklidi drugog dana pokusa. Retencija radionuklida određena u cijelom tijelu i organima životinja potvrdila je efikasnost takve terapije za sve primijenjene radionuklide. Efikasnost svakog primijenjenog antidota u smanjenju retencije odgovarajućeg radionuklida nije bila zbog njihove istodobne primjene promijenjena.

UVOD

Dosadašnja su ispitivanja pokazala da je istovremena primjene različitih terapijskih sredstava sa ciljem smanjenja tjelesnog opterećenja većeg broja radionuklida moguća i dapače poželjna. Tako se je "mješavina" kalcijeva alginata, feri-ferocijanida i kalijeva jodida pokazala kao visoko efikasna u smanjenju retencije tri biološki najopasnija fizijska produkta (radioaktivnog stroncija, cezija i joda) te neškodljiva za zdravlje u slučaju dugotrajne primjene (1). Nadalje, kad je ta "mješavina" primijenjena zajedno sa kelatogenim agensom Ca-DTPA (kalcijev dietilentriaminpentacetat) koji je dan parenteralno efikasnost svakog pojedinog antidota nije bila promijenjena tj. retencija ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I i ^{141}Ce bila je smanjena u istoj mjeri kao kad su "mješavina" ili Ca-DTPA primijeni-

njeni pojedinačno (2). Oralna primjena predstavljala bi s medicinskog gledišta najpogodniji oblik terapije. Cilj ovog rada bio je stoga ispitati da li je moguća istodobna oralna primjena svih četiriju terapijskih sredstava. Jasno je da su u slučaju kad je kelatogena terapija primijenjena oralno istodobno s drugim terapijskim sredstvima moguća nova djelovanja i interakcije čime bi učinci takve terapije mogli biti promijenjeni. Intestinalna apsorpcija DTPA je vrlo niska (3) te je potrebno primijeniti visoke oralne doze. U ispitivanjima je stoga umjesto Ca-DTPA primijenjen Zn-DTPA znatno niže toksičnosti (4).

MATERIJAL I METODE

Pokus je izведен na ženkama bijelog štakora starosti 7 tijedana prosječne težine 140 ± 2 g. Ovisno o primjeni odgovarajućeg terapijskog sredstva životinje su bile podijeljene u tri skupine. Prva skupina - KONTROLNA - primala je standardnu štakorsku hranu; druga grupa - MJEŠAVINA + Zn-DTPA - primala je standardnu štakorsku hranu s dodatkom "mješavine" 15 g kalcijeva alginata, 2.5 g feri-ferocijanida i 0.015 g kalijeva jodida te 3.3 mmol kelatogenog agensa Zn-DTPA u 100 g hrane. Treća grupa - Zn-DTPA - primala je standardnu štakorsku hranu s dodatkom 3.3 mmol Zn-DTPA u 100 g hrane. Drugog dana pokusa životinje prve i druge skupine primile su 74 kBq ^{85}Sr , 37 kBq ^{137}Cs , 740 kBq ^{131}I ili 1850 kBq ^{141}Ce oralno ili 37 kBq ^{141}Ce intraperitonealno. Životinje treće grupe (Zn-DTPA) primile su samo ^{141}Ce intraperitonealno. Da bi se odredili učinci tretmana MJEŠAVINA + Zn-DTPA za ^{85}Sr , ^{137}Cs i ^{131}I , rezultati su uspoređeni sa onim postignutim primjenom same "mješavine" iz prijašnjih pokusa (2) a za ^{141}Ce s učinkom primjene samog Zn-DTPA. Terapijska sredstva primijenjena su u hrani u prva

tri dana pokusa (jedan dan prije i dva dana nakon primjene radionuklida) a nakon toga su životinje bile na standardnoj štakorskoj hrani. Sve životinje osim onih koje su primile ^{141}Ce oralno žrtvovane su šest dana nakon primjene radionuklida. Budući da je intestinalna apsorpcija radiocera a time i retencija vrlo niska, životinje koje su primile ^{141}Ce oralno žrtvovane su nakon 24 sata.

REZULTATI I DISKUSIJA

Primjena oralne kombinirane terapije tokom 3 dana smanjila je retenciju radiostroncija u cijelom tijelu oko 9 puta, retenciju radiocezija oko 40 puta a radiojoda oko 12 puta. Učinak tretmana bio je čak za radiostroncij i radiojod značajno veći nego učinak "mješavine" primijenjene same (retencija ^{85}Sr i ^{131}I smanjena oko 5 odnosno 9 puta). Oralno primijenjen Zn-DTPA smanjio je retenciju intraperitonealno danog ^{141}Ce u odnosu na kontrolnu grupu 1.8 puta. Sličan učinak postignut je primjenom "mješavine" i Zn-DTPA. Oralnom primjenom Zn-DTPA i "mješavine" retencija oralno primijenjenog cera bila je u cijelom tijelu i organima značajno povišena (od 2 do 50 puta).

Postignuti rezultati ukazuju na to da između antidota nije bilo interakcija tj. da je svaki antidot zadržao svoja specifična svojstva u odnosu na određeni radionuklid. Visoka efikasnost Ca-DTPA danog parenteralno neposredno nakon unosa radionuklida ne može se dostići oralnom primjenom mnogo viših doza Zn-DTPA. Nadalje, oralna kelatogena terapija uzrokuje porast apsorpcije ingestiranih transuranskih elemenata. Oralna kombinirana terapija primijenjena u našem pokusu može međutim predstavljati pogodnu metodu za kasniju

produženu terapiju u slučaju izloženosti većem broju radionuklida u okolišu.

ABSTRACT

We investigated the effect of simultaneous oral administration of a "mixture" of calcium alginate, ferrihexacyanoferrate(II) and potassium iodide and of the chelating agent Zn-DTPA (zinc diethylenetriaminepentaacetate) on the retention of ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I and ^{141}Ce in 7-week-old female rats. The respective antidotes were administered in food during the first three days of the experiment and the radionuclides were administered on the second day of the experiment. The radionuclide retention determined in the whole body and organs showed this composite treatment to be highly efficient for all the administered radionuclides. The efficacy of each therapeutic agent was not changed because of their simultaneous administration.

LITERATURA

1. Kostial, K., Kargačin, B., Rabar, I., Blanuša, M., Maljković, T., Matković, V., Ciganović, M., Šimonović, I., Bunarević, A., Sci. Total Environ. 22:1-10, 1981.
2. Kostial, K., Kargačin, B., Šimonović, I., J. Appl. Toxicol. 3:291-296, 1983.
3. Foreman, H. str. 83-94 u "Metal-binding in medicine", Lippincott Philadelphia, Montreal, 1960.
4. Catsch, A., von Wedelstaedt, E., Experientia, 21:210-212, 1965.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Gruden N.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada,
Zagreb

UTJECAJ ŽELJEZA I/ILI CINKA NA TRANSDUODENALNI TRANSPORT RADIOCINKA

Sažetak Ispitivan je utjecaj mliječne dijete s dodatkom željeza i/ili cinka na transport i retenciju radiocinka u stijenci tankoga crijeva. Pet tjedana stare ženke bijelog štakora primale su razne dijete (kontrola čisto kravljeg mlijeko) tri dana, a četvrtog su dekapitirane. Transport radiocinka promatran je na "izvrnutom" segmentu duodenuma in vitro metodom. Dodatak željeza, samog ili u kombinaciji sa cinkom, nije mijenjao apsorpciju radiocinka, niti njegovu depoziciju u stijenci crijeva. Askorbinska kiselina također nije utjecala na te parametre metabolizma cinka. Obogaćivanje mlijeka samim cinkom ($7,3 \text{ mg}/100 \text{ ml}$) značajno je snizilo i transport i retenciju radiocinka.

Uvod

Radioaktivni cink koji se nalazi u prehrambenom lancu kao produkt neutronske aktivacije predstavlja moguću opasnost po ljudski i životinjski organizam (1). Stabilni je pak cink esencijelni element čija je uloga u mnogobrojnim esencijelnim enzimskim procesima priznata i poznata (2). Sva ispitivanja koja doprinose još boljem poznavanju apsorpcije tog iona od značaja su. To se naročito odnosi na utjecaj prehrambenih faktora, odnosno interakciju cinka s drugim, isto tako esencijelnim elementima.

Željezo mijenja metabolizam mnogih iona (3), a ispitivanje interakcije željeza i cinka daju dosta oprečne rezultate (4, 5, 6).

Svrha je ovih pokusa bila da se vidi kako željezo i cink, odvojeno ili u kombinaciji djeluju na kretanje radioaktivnog cinka kroz stijenu odnosno zadržavanje u stijenci proksimalnog dijela

tankog crijeva štakora.

Materijal i metode

Pet tijedana stare ženke bijelog štakora podijeljene su u nekoliko grupa prema sadržaju željeza i cinka koji su primale u kravljem mlijeku tokom tri dana: (1) čisto kravljje mlijeko (KM) - kontrola; (2) KM + 15 mg Fe/100 ml (u obliku željeznog sulfata); (3) KM + 7,3 mg Zn/100 ml (u obliku cinkova sulfata); (4) KM + 15 mg Fe + 7,3 mg Zn/100 ml i (5) KM + 15 mg Fe/100 ml mlijeka uz svakodnevno primanje askorbinske kiseline želučanom sondom (50 mg/živ. na dan). Četvrtog dana sve su životinje dekapitirane i jedan segment duodenuma prepariran in vitro metodom prema Wilsonu i Wisemanu (7). Podvezani crijevni segmenti inkubirani su u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini kojoj je dodan stabilni i radioaktivni cink (^{65}Zn 370 KBq/100 ml otopine). Detalji metode opisani su na drugom mjestu (6). Nakon inkubiranja odredjena je aktivnost radiocinka u otopinama s obje strane crijeva, kao i u samoj crijevoj stijenci.

Rezultati i diskusija

U ovim smo pokušima odlučili transport cinka promatrati u naj-proksimalnijem dijelu tankoga crijeva, jer su raniji rezultati pokazali da je taj parametar metabolizma cinka jednak duž duodenuma i jejunuma (6).

Na TAB br. 1 prikazani su rezultati transporta (S/M) i retencije radiocinka u crijevnoj stijenci (%). Razvidno je da, iako su apsolutne vrijednosti svih eksperimentalnih grupa niže od kontrole, samo obogaćivanje mlijeka cinkom (grupa 3) značajno snizuje oba ispitivana parametra. Dodatak mlijeku samog željeza (grupa 2) bez

TAB br. 1

Utjecaj željeza i/ili cinka na duodenalni transport i retenciju radiocinka u štakora

Dijeta (grupa)	Transport S/M ± SP*	Retencija % ± SP**
Kravljie (1) mlijeko (KM) (kontrola)	0,076 ± 0,005 ^a	46,18 ± 1,67 ^a
(2) KM + 15 Fe ⁺	0,068 ± 0,003 ^{ab}	44,89 ± 1,37 ^a
(3) KM + 7,3 Zn	0,062 ± 0,004 ^b	38,77 ± 2,29 ^b
(4) KM + 15 Fe + 7,3 Zn	0,065 ± 0,004 ^{ab}	42,11 ± 2,11 ^{ab}
(5) KM + 15 Fe + AK ⁺⁺	0,073 ± 0,003 ^a	40,80 ± 1,80 ^{ab}

* Srednje vrijednosti omjera aktivnosti serozne i mukozne otopine i ** procent od početne aktivnosti mukozne otopine s odgovarajućim standardnim pogreškama. 8-19 životinja u grupi.

⁺ mg Fe odn. Zn na 100 ml mlijeka.

⁺⁺ 50 mg askorbinske kiseline u 1 ml redest. vode, sondom/životinji/dan.

^{a,b} Vrijednosti označene različitim slovima u jednoj koloni međusobno se značajno razlikuju ($P<0,05$).

učinka je, kao što je to bio slučaj i s nižim koncentracijama željeza u ranijim pokusima (6). Dok u ovim pokusima kombinacija željeza i cinka (grupa 4) nije izazvala značajne promjene, prema nekim je autorima istovremeno obogaćivanje mlijeka ovim ionima (i u nižim koncentracijama) značajno snizilo apsorpciju cinka u šest-tjednih štakora (8).

Poznato je da askorbinska kiselina povećava efikasnost apsorpcije željeza (9). Bilo bi stoga za očekivati da će prisutnost vitamina C povećati inhibitorni učinak željeza na apsorpciju drugih iona. Potpuno odsustvo djelovanja askorbinske kiseline u ovim po-

kusima, može se objasniti činjenicom da nema ni efekta željeza.

Ovi rezultati pokazuju da povećanje unesenog cinka u organizam, makar u fiziološkim granicama, smanjuje apsorpciju radiocinka. Razlika u rezultatima dobivenim in vitro i in vivo metodom govori za to da su u apsorpciji cinka vjerojatno ipak značajniji distalni dijelovi tankoga crijeva.

Abstract

The effect of milk diet with iron and/or zinc on zinc-65 transfer through and retention in the duodenal wall was studied. Comparison with the control animals, which were fed pure cow's milk, shows that only the addition of zinc (7.3 mg/100 ml) significantly decreased both the transfer and retention of radiozinc.

Ovaj je istraživački program financirala Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske.

Zahvaljujem Mirki Buben na tehničkoj pomoći.

Literatura

1. Honstead,J.F., Brady,D.N.: Hlth.Phys., 13 (1967) 445.
2. Underwood,E.J.: Trace elements in human and animal nutrition, 3rd ed., Academic Press, New York-London 1971, str. 208.
3. Thomson,A.B.R., Valberg,L.S.: Am.J.Physiol., 223 (1972) 1327.
4. Forth,W., Rummel,W.: Physiol.Rev., 53 (1973) 724.
5. Momčilović,B., Kello,D.: Nutr.Rep.Intern., 15 (1977) 651.
6. Gruden,N., Momčilović,B., Buben,M.: Nutr.Rep.Intern., 19 (1979) 483.
7. Wilson,T.H., Wiseman,G.: J.Physiol., 123 (1954) 116.
8. Momčilović,B., Kello,D.: Nutr.Rep.Intern., 20 (1979) 429.
9. Gillooly,M., Bothwell,T.H., Charlton,R.W., Torrance,J.D., Bezwoda,W.R., MacPhail,A.P., Derman,D.P.: Br.J.Nutr., 51 (1984) 37.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13.lipnja, 1985.

¹
Banović M., Jernej B., Deanović Ž.
²

Zavod za transfuziju krvi SRH, Zagreb (1)
Institut "R.Bošković", Zagreb (2)

PROMJENE TROMBOELASTOGRAMA NAKON AKUTNOG
OZRAČENJA ŠTAKORA I KUNIĆA

SAŽETAK

Dvije skupine kunića i dvije štakora ozračene su po čitavom tijelu jednom subletalnom i jednom letalnom dozom gama zraka (^{60}Co). Četvrteg i šestog dana nakon ozračenja, zapaženi su otkloni nekih tromboelastografskih (TEG) parametara. Razmatrana je mogućnost njihove primjene u smislu bioloških pokazateљa radijacijskog oštećenja.

UVOD

Mehanizam zgrušavanja krvi sastoji se iz kompleksnog slijeda reakcija u koji je uključen niz faktora koagulacije. Osim plazmatskih faktora koagulacije, u samom procesu, značajno mjesto zauzimaju i trombociti. (1)

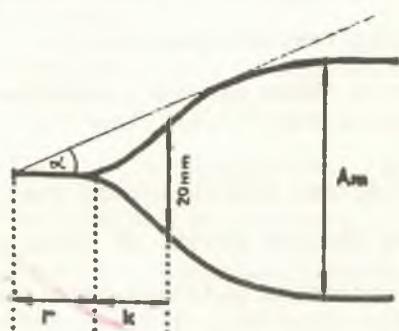
Izlaganje organizma većim dozama ionizacijskog zračenja, već u ranom postiradijacijskom periodu dovodi do oštećenja mehanizma zgrušavanja krvi. U određenom području primljenih doza zračenja to može rezultirati pojavom hemoragičkog sindroma. (2)

Tromboelastografija (TEG), kao laboratorijska metoda, koristi se za ocjenu funkcionalne sposobnosti koagulacijskih mehanizama i daje uvid u sve faze procesa zgrušavanja i fibrinolize. TEG pokazuje dinamiku stvaranja i kvalitet "in vitro"

nastalog ugruška. Tom se metodom dobiva trajan zapis prikladan za naknadnu matematičku analizu. (3)

MATERIJAL I METODE

U ovom smu radu pokušali, na dvije vrste eksperimentalnih životinja (štakor, kunić), istražiti rane promjene TEG parametara. Istraživanje je provedeno u cilju ocjene prikladnosti tih parametara kao bioloških pokazatelja radijacijskog oštećenja. Kod svake vrste životinja (6 štakora 6,5 Gy, 6 štakora 8,5 Gy; 4 kunića 7,8 Gy, 4 kunića 9,5 Gy), korištena je odgovarajuća kontrolna skupina, tzv. lažno ozračenih životinja (6 štakora 0 Gy; 4 kunića 0 Gy). Unilateralna paniradijacija izvršena je gama zraka (^{60}Co). Broj trombocita i TEG određivani su u plazmi bogatoj trombocitima, dobivenoj vlastitim dobro standardiziranim postupkom. (4) TEG krivulje rađene su aparatom "Elvi 810". Trombociti su brojani pomoću "Platelet Counter HPC 52" firme "Hycel".



Sl.1. Standardni TEG

r - Početna, nevidljiva faza koagulacije, stvaranje tromboplastina.

k - Početak vidljive faze koagulacije, tzv. dinamička faza, stvaranje trombina

Am - Maksimalna amplituda. Direktna funkcija elastodinamskih osobina formiranog ugruška.

Ic - Indeks koagulabiliteta=tg alfa x 100. Pokazuje razvoj dinamičkih osobina ugruška u funkciji vremena.

REZULTATI I DISKUSIJA

Tabelarno su prikazani rezultati nekih TEG parametara u prvih 6 postiradijacijskih (p.i.) dana, za grupe štakora, i

grupe kunića i to nakon subletalne i letalne doze zračenja kao i lažnog ozračenja.

r (mm) štakor

dan (p.i.)	0.	2.	4.	6.
doza (Gy)				
0	9,5	8,0	11,0	9,5
6,5	8,5	9,0	10,0	14,5
8,5	8,5	8,5	16,0	26,0

k (mm)

0	3,0	2,5	3,0	3,5
6,5	3,0	3,5	4,0	8,0
8,5	3,0	3,5	6,0*	13,0

A_m (mm)

0	60	63	62	61
6,5	59	58	56*	47*
8,5	56	56	56*	48*

I_c

0	153	181	153	130
6,5	149	139	116*	66*
8,5	149	153	81*	60*

kunić

dan (p.i.)	0.	2.	4.	6.
doza (Gy)				
0	10,0	7,5	6,5	9,5
7,8	7,5	11,0	10,0*	13,0
9,5	12,5	15,5	17,5	10,5

0	3,0	2,5	2,5	3,5
7,8	2,5	3,5	3,5*	10,0
9,5	3,0	5,0	6,5*	11,5

0	51	53	53	53
7,8	50	52	54	38*
9,5	48	60	42	29*

0	116	140	158	121
7,8	141	111	118	54*
9,5	90	107	85*	53*

* označava statističku značajnost na razini $p=0,05$, prema kontrolnoj skupini toga dana.

r - Zbog velike varijabilnosti vrijednosti r u kontrolnoj skupini, kao i u ozračenih životinja, ovaj se parametar nije pokazao prikladnim za procjenu koagulacijskih otklona nastalih radijacijskim oštećenjem.

k - Pokazuje progresivno produžavanje u obje vrste životinja, nakon obje doze, međutim, te promjene ne dosižu uvijek razinu statističke značajnosti.

Am - Kod ozračenih štakora (važi za obje doze), 4. i 6. dana nakon ozračenja, statistički je značajno smanjena. U kunića 4. dana nema značajnijih promjena dok 6. dana obje doze pokazuju statistički značajno smanjenje.

Ic - U štakora 4. i 6. dana obje doze pokazuju statistički značajno smanjenje Ic. U kunića 4. dana samo veća doza, a 6. dana obje doze daju snižene vrijednosti Ic.

Rezultati upućuju na mogućnosti korištenja TEG nalaza kao pokazatelja radijacijskog oštećenja koagulacijskih mehanizma. Uz podatak o padu broja trombocita TEG može poslužiti u progностici hemoragičkih komplikacija u radijacijskoj bolesti.

SUMMARY

Two groups of rabbits and two groups of rats were panirradiated with one sublethal and one lethal dose (gamma ^{60}Co). Changes of tromboelastographic (TEG) parameters were noticed on 4th and 6th postirradiation day, and suitability of their application as biological indicators of radiation damage was discussed.

LITERATURA

1. Hohage R., T.M.Fliedner: Proc. of XIII Int.Congr.Hematol. München 1970, p 32
2. Panomarev J.T.: Rad.Biol.Ther. 7 (1966) 47
3. Hartert H.: Klin.Wschr. 26 (1948) 577
4. Jernej, Mück-Šeler, Kreč, Deanović: Yugosl.Physiol.Pharmacol. Acta 19 (1983) 54.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Petrović D., Osmak M., Ferle-Vidović A., Kadija K. i Rendić D.

CELULARNI EFEKTI BRZIH NEUTRONA DVITU RAZLIČITIH ENERGIJA

Radiobiološki efekti brzih neutrona srednje energije 4 MeV proizvedenih u ciklotronu te monoenergetskih neutrona energije 14,5 MeV proizvedenih u Cockcroft-Waltonovom akceleratoru Instituta "Ruder Bošković", ispitivani su na stanicama u kulturi. Ispitivanjem efekta kisika te popravka potencijalnog i subletalnog oštećenja nadeni su izraženiji letalni efekti neutrona nižih energija.

Uvod

Energija neutronskog snopa u velikoj mjeri određuje veličinu i vrstu oštećenja u biološkim sistemima, pri čemu značajnu ulogu igra gustoća ionizacija (LET) (1,2). U našim ranijim radovima objavili smo rezultate djelovanja ciklotronskih neutrona (4 MeV), a koji su se odnosili na relativnu biološku efikasnost (RBE) i efekt kisika (3), te na popravak subletalnog i potencijalno-letalnog oštećenja (4). U ovom radu opisana su istraživanja monoenergetskih neutrona energije 14,5 MeV u pogledu njihovog djelovanja na iste parametre te usporedena sa rezultatima dobivenim sa gore spomenutim ciklotronskim neutronima niže energije.

Materijal i metoda

U radu su upotrebljavane L929 stanice u kulturi te tehnika klonalnog rasta, kojom se mjeri očuvanje reproduktivnih sposobnosti ozračenih stanica, odnosno njihovo preživljjenje. Preživljjenje stanica mjerilo se nakon njihovog ozračivanja različitim dozama gama zraka te brzih neutrona iz dva različita izvora. Uspoređivanjem dobivenih vrijednosti preživljjenja u oksigeniranim uvjetima nakon neutronskog zračenja dobiveni su podaci za RBE, dok se efekt kisika određivao uspoređivanjem preživljjenja stanica zračenim u oksigeniranim odnosno hipoksičnim uvjetima. Popravak subletalnog oštećenja ispitivan je frakcioniranim zračenjem, a potencijalno-letalnog oštećenja zračenjem stanica u stacionarnoj fazi populacijskog rasta te rasadivanjem tih stanica u različitim vremenima nakon zračenja.

Kao izvori zračenja upotrebljavani su kobalt-60 za gama zračenje, te ciklotron (4 MeV srednja energija) i Cockcroft-Waltonov akcelerator (14,5 MeV monoenergetski) za neutronsko zračenje. Za pojedinosti o materijalima i metodama vidi ref. 5.

Rezultati i diskusija

Efekt kisika nakon različitih vrsta zračenja prikazan je na Tabeli I.

TABELA I DJELOVANJE RAZLIČITIH VRSTA ZRAČENJA NA STANICE U PRISUSTVU KISIKA (O_2) TE U HIPOKSIČNIM UVJETIMA (N_2)

	Gama zrake		14,5 MeV neutroni		4 MeV neutroni	
	O_2	N_2	O_2	N_2	O_2	N_2
D_o	1,4	3,9	1,4	2,2	1,3	1,5
Efekt kisika D_{oN_2} / D_{oO_2}		2,8		1,6		1,2
RBE pri 10% preživljjenja	-			2,0	.	2,5

Iz Tabele I vidljivo je da su D_o vrijednosti (srednja letalna doza kao odraz nagiba krivulje preživljjenja stanica u funkciji doze zračenja), više u hipoksičnim uvjetima u odnosu na one u uvjetima oksigenacije. Izraženo u obliku njihova kvocijenta (D_{oN_2}/D_{oO_2}), koji nam daje vrijednosti efekta kisika, vidimo da će prisutnost kisika u vrijeme zračenja snažno utjecati na sniženje preživljjenja stanica kod gama zračenja, a bitno slabije kod neutronskog zračenja. Posebno treba učiti jaci efekt kisika kod neutrona više energije u odnosu na neutrone niže energije.

Na Tabeli II prikazane su mogućnosti popravka subletalnog oštećenja. Vrijednosti koje su prikazane tabelarno, dobivene su tako da su stanice bile ozračivane dozom odredene vrsti zračenja podijeljenom u dva jednaka dijela (dakle frakcionirano), s vremenskim intervalom od pet sati. Kad postoji popravak subletalnog oštećenja, preživljjenje stanica koje su zračene frakcionirano, je veće od preživljjenja stanica koje su cijelu dozu dobile odjednom (6). Kvocijent preživljjenja stanica zračenih frakcionirano i nefrakcionirano nazvali smo faktorom popravka, a tabela prikazuje njihove vrijednosti za tri različite razine preživljjenja.

TABELA II POPRAVAK SUBLITALNOG OŠTEĆENJA KOD STANICA ZRAČENIH TRIMA DOZAMA
GAMA I NEUTRONSKOG ZRAČENJA

Doza (Gy)	Gama zrake Faktor popravka	14,5 MeV neutroni		4 MeV neutroni	
		Doza (Gy)	Faktor popravka	Doza (Gy)	Faktor popravka
4,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0
6,6	1,9	3,3	1,2	2,6	1,0
10,0	3,5	6,6	2,2	5,2	1,7

Faktor popravka 1,0 pokazuje odsustvo bilo kakvog popravka, te se iz tabele može zaključiti da je popravak izraženiji kod viših doza zračenja, zatim kod gama zračenja, a kod neutronskog zračenja bolje funkcioniра kad su u pitanju neutroni više energije.

Popravak potencijalno-letalnog oštećenja prikazano je na jednak način kao i popravak subletalnog oštećenja. Tabela III pokazuje da takav popravak efikasno funkcioniра samo kod viših doza gama zračenja, dok ga kod neutronskog zračenja nema, ili je zanemarljiv. Pod faktorom popravka u Tabeli III smatra se kvocijent preživljjenja stanica rasadenih za klonalni rast pet sati nakon zračenja, te onih rasadenih neposredno nakon zračenja. Pretpostavlja se naime, da je do popravka potencijalno-letalnog oštećenja, ukoliko je ono moguće, trebalo doći u toku spomenutog petosatnog intervala između zračenja i rasadijanja stanica za klonalni rast (7).

TABELA III POPRAVAK POTENCIJALNO-LETALNOG OŠTEĆENJA KOD STANICA ZRAČENIH TRIMA DOZAMA GAMA I NEUTRONSKOG ZRAČENJA

Gama zrake Doza (Gy)	Faktor popravka	14,5 MeV neutroni Doza (Gy)	Faktor popravka	4 MeV neutroni Doza (Gy)	Faktor popravka
4,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0
6,6	1,2	3,3	1,0	2,6	1,0
10,0	1,6	6,6	1,1	5,2	1,1

Poznato je da biološki efekti neutrona ovise o njihovoj energiji (1,2). Ukoliko se stoga neki neutronski izvor želi upotrijebiti bilo za radioterapiju, bilo za radiobiološka istraživanja, potrebno je ispitati na pogodnim eksperimentalnim sistemima osnovne karakteristike njegova snopa, koje će biti relevantne za biološke efekte koji se od njega očekuju. Stoga smo u seriji eksperimenata ispitivali svojstva neutronskih snopova dvaju izvora u Institutu "Ruder Bošković" i to ciklotrona, koji generira neutrone kontinuiranog spektra srednje energije od 4 MeV i Cockcroft-Waltonovog akceleratora koji proizvodi neutrone energije 14,5 MeV. Kao što je prikazano, nadeno je da su neutroni više energije po svojim efektima bliži efektima fotonskog (gama) zračenja od neutrona niže energije. To je u skladu sa dosadašnjim saznanjima o medusobnoj ovisnosti RBE i LET-a.

Abstract

Radiobiological effects of fast neutrons of 4 MeV mean energy produced in the cyclotron and 14.5 MeV monoenergetic neutrons produced in the Cockcroft-Walton accelerator of the "Ruder Bošković" Institute were studied in cultured mammalian cells. By studying the oxygen effect, repair of sublethal and

potentially lethal damage, increased cell killing effects were found with lower energy neutrons.

Literatura

1. Broerse, J.J., Barendsen, G.W., Van Kersen, G.R.: Int.J.Radiat.Biol., 13 (1968) 559.
2. Harrison, G.H., Balcer-Kubiczek, E.K.: Rad.Res., 83 (1980) 90.
3. Osmak, M., Petrović, D., Ferle-Vidović, A., Antić, M., Kadija, K., Rendić, D., Dvornik, I.: Stud.Biophys., 83 (1981) 71.
4. Osmak, M., Petrović, D., Ferle-Vidović, A., Kadija, K., Rendić, D.: Stud. Biophys., 96 (1983) 83.
5. Osmak, M.: Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu (1982).
6. Elkind, M.M., Sutton, H.: Nature, 184 (1959) 1293.
7. Gragg, R.L., Humphrey, R.M., Meyn, R.E.: Rad.Res.: 71 (1977) 461.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Jevrosima Begović i Radmila Živković

Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi,
veterinarstvu i šumarstvu, Zemun, Banatska 31b.

ZAŠTITNO DELOVANJE "BIOREGULATORA" NA LIMFOCITE IN VITRO
OZRAČIVANE X - ZRACIMA

REZIME: Ispitivano je delovanje "bioregulatora" na limfocite u kulturi ozračivane X-zracima. Ispitivanja su vršena na limfocitima periferne krvi svinja in vitro. Mitotski indeks je određivan u zavisnosti od doze zračenja. Rezultati ispitivanja su pokazali da "bioregulator" smanjuje radijaciono oštećenje u ćelija ozračivanih posle njegovog delovanja i da stimuliše biosintetsku aktivnost i proliferaciju ćelija.

S obzirom na postojanje raznih izvora ionizujućih zračenja u čovjekovoj sredini i njihovog štetnog delovanja na ćelije sisara, neophodno je upoznavanje i razumevanje efekata zračenja na živa bića radi mogućnosti ograničavanja radijacionog rizika i preduzimanja mera radiozaštite. S tog aspekta su i vršena naša ispitivanja, tj. izučavanje različitih hemijskih agenasa u cilju smanjenja radijacionog oštećenja ćelija tokom njihove proliferacije. Postignuti rezultati u dosadašnjim ispitivanjima su nas uputili na "bioregulator", a rezultati prikazani u ovom radu su deo višegodišnjih izučavanja.

Materijal i metode

Ispitivanja su vršena na limfocitima periferne krvi svinja u in vitro uslovima. Način dobijanja čiste populacije limfocita iz pune krvi, postavljanje kultura, kao i uslovi inkubacije i zračenja izneti su u radovima Begović i sarad. (1981, 1984). Za ispitivanja su korišćene koncentracije "bioregulatora I" (Br I): $c_1 \cdot 10^{-7}$, $c_2 \cdot 10^{-9}$ i $c_3 \cdot 10^{-12}$ g/L i "bioregulatora II" (Br II) - $c_3 \cdot 10^{-12}$ g/L. "Bioregulatori su dodavani na početku inkubacije kao i u određenim fazama ćelijskog ciklusa u zavisnosti od momenta ozračivanja.

Mitotski indeks, računat na 1000 ćelija, određivan je u zavisnosti od doze zračenja pri delovanju "Br I" u koncentraciji od 10^{-12} g/L. Doze zračenja: 1,0, 2,5 i 5,0 Gy.

Rezultati i diskusija

Rezultati dobijeni u ovim ispitivanjima izneti su u tri tabele. Oni prikazuju delovanje "Br I i II" izraženo preko biosintetske aktivnosti, odnosno procenata preživelih ćelija sposobnih da inkorporiraju obeleženi ³H-timidin u novosintetizovanu DNK i mitotskog indeksa u zavisnosti od doze i momenta ozračivanja tokom proliferacije ćelija.

Tabela 1. Delovanje "Br I" u različitim koncentracijama na limfocite u kulturi ozračivane u G₀, na prelasku iz G₁ u S fazu (G₁/S) i u S fazi ćelijskog ciklusa, doza - 5,0 Gy. (# preživelih ćelija)

Konc. "Br I" g/L	G ₀	G ₁ /S pre zračenja	S posle zračenja
10 ⁻⁷	16,96	27,20	59,11
10 ⁻⁹	30,08	50,23	74,44
10 ⁻¹²	38,07	62,17	88,70

K - 40,11% - netretirane i nezračene kulture ćelija u odnosu na ćelije tretirane biostimulatorom i nezračene

Tabela 2. Procenat preživljavanja ćelija u slučaju neprekidnog prisustva "Br I i II" (10^{-12} g/L) u kulturi ćelija, ozračivanih sa 5,0 Gy u različitim momentima tokom inkubacije

Biostimulator	O.	24.sata	40.sata
"Br I"	36,22	52,44	82,51
"Br II"	47,33	67,37	89,90

Na osnovu prikazanih rezultata može se reći da zračenje posle delovanja biostimulatora izaziva manje radijaciono oštećenje ćelija. S druge strane, visok procenat preživljavanja ćelija u S fazi ćelijskog ciklusa može biti i posledica većeg citoplazmatičnog sadržaja indukovanih biostimulatora. Poznato je da su ćelije sa višim citoplazmatičnim sadržajem rezistentnije na zračenje, Biaglow (1981).

Tabela 3. Mitotski indeks u kulturama limfocita stimulisanih fitohemaglutininom (PHA) i "bioregulatorom - Br I" (izražen na 1000 ćelija). Koncentracija "Br I" 10^{-12} g/L.

Doza (Gy)	PHA	"Br I"
0	48,0	43,0
1,0	38,0	36,5
2,5	20,5	17,2
5,0	11,0	9,5

Rezultati pokazuju da mitotski indeks u kulturama ćelija treiranim sa "Br I" opada sa dozom zračenja isto kao i u slučaju nespecifičnog mitogena PHA poznatog kao dobrog stimulatora za proliferaciju limfocita, odnosno da su ćelije osetljivije na zračenje u fazi mitoze nego u toku transformacije. I pored toga ovaj procenat je znatno viši u odnosu na biostimulatorom netretirane zračene ćelije.

Da "bioregulator" deluje stimulativno na procese obnavljanja i regeneraciju hematopoetskog tkiva pokazali su u svom radu na pacovima Ninkov i sarad. (1983).

Zaključak

Ispitivanja delovanja biostimulatora "bioregulatora I i II" na limfocite periferne krvi svinja ozračivane jednokratno sa 5,0 Gy i nižim dozama zračenja pokazuju:

- da "bioregulatori I i II" ne deluju citotoksično na limfocite u kulturi;
- da ispoljavaju biosintetsku aktivnost, tj. potstiču ćelije na proliferaciju i inkorporaciju obeleženog ^3H -timidina u novosintetizovanu DNK;
- da smanjuju radijaciono oštećenje ćelija, naročito ako su prisutni u kulturi ćelija pre njihovog ozračivanja, što pokazuje visok procenat preživljavanja ćelija;
- da utiču stimulativno na procese obnavljanja.

PROTECTIVE EFFECT OF "BIOREGULATORS" ON X - IRRADIATED
LYMPHOCYTES IN VITRO

SUMMARY: The effects of "bioregulators" on X-irradiated cells in culture has been studied. Studies were performed on lymphocytes of the peripheral blood of swine in vitro. The mitotic index was determined depending on the irradiation dose. The obtained results have shown that "bioregulators" do not have cytotoxic effect on the cells, that they reveal a biosynthetic activity in lymphocytes in culture, and that they decrease radiation damage in cells irradiated after their presence in cell cultures.

Reference

1. Begović, J., S. Stanković i R. Mitrović: Zbornik radova, X Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.
2. Begović, J.: XV Annual Meeting of ESNA, Piacenza, Itali, 1984.
3. Biaglow, J. E.: J. Chemical Education, 58, 144-156, 1981.
4. Fudenberg, H. M., D. P. Stites, J. L. Caldwel, J. V. Wels: Young Medical Publication; Basic and Clinical Immunol. 2nd Ed. 1978.
5. Ninkov, V., D. Karanović, O. Milić, K. Savovski i N. Pujić: Zbornik radova: XII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Onrid, 1983.
6. Stefani, S., R. Schrek: Radiat Res., 78, 201, 1964.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Korbelik M.¹, Suhar A.², Škrk J.³, Schauer P.^{4(x)}, Petrović D.¹
i Turk V.²

¹Institut "Ruđer Bošković", OOUR Eksperimentalna biologija i
medicina, Zagreb

²Institut J.Stefan, Ljubljana

³Onkološki inštitut, Ljubljana

⁴Institut za mikrobiologijo, Medicinska fakulteta, Ljubljana
(x) preminuo 25.11.1984.

DJELOVANJE PROTEINAZA NA IN VITRO REPARACIJI POTENCIJALNO
LETALNIH OŠTEĆENJA PROUZROČENIH ZRAČENJEM

Sažetak: Reparacija potencijalno letalnih oštećenja povezana je s procesima stanične proliferacije, odnosno napredovanja u diobenom ciklusu. U mehanizme regulacije ovih procesa uključena je i aktivnost specifičnih intracelularnih proteinaza, i u ovom je radu prikazano da ovi proteolitički enzimi, ili njihovi specifični inhibitori, mogu modificirati preživljjenje ozračenih stanica.

Uvod:

Među biološka oštećenja na staničnoj razini izazvana ionizirajućim zračenjem ubrajaju se tzv. potencijalno letalna oštećenja (PLO), koja mogu, ali i ne moraju izazvati smrt stanice. Uspješna reparacija ove vrste oštećenja, do koje može doći pod određenim povoljnim uvjetima, rezultira značajnim povećanjem preživljjenja ozračenih stanica in vivo i in vitro (1). Od ranije je poznato da postoje agensi koji mogu utjecati na procese popravka PLO, tako da je za očekivati da će imati važnu ulogu u kliničkoj terapiji malignih bolesti (2,3).

Iako točna priroda PLO nije dovoljno razjašnjena, postoje indikacije da je proces njihove reparacije povezan s aktivnostima diobenog staničnog ciklusa (4). Intracelularne su proteinaze specifični proteolitički enzimi, koji imaju ulogu i u regulaciji stanične proliferacije. U ovom je radu ispitano djelovanje neutralne serinske proteinaze, katepsina H, te proteinaznog inhibitora leupeptina na reparaciju PLO u ozračenim kulturama hrčkova fibroblasta u plato-fazi.

Materijal i metoda:

Izolacija i pročišćavanje intracelularnih proteinaza upotrebljena u ovom radu već je ranije potanko opisano (5,6), a leupeptin potiče od Peptide Institute Inc., Osaka, Japan.

Kulture plućnih fibroblasta kineskog hrčka, V79, uzgajane su u Eagle MEM mediju uz 10% fetalnog telećeg serum (Gibco). Stanice u eksponencijalnoj fazi rasta nasadene su u plastične T-posudice, površine 25 cm^2 (10^6 stanica/uzorak). Nakon dva dana rasta stanice su kompletno prekrile dno posudice i prestale se dijeliti. U ovakvoj neproliferativnoj plato-fazi održavane su dalnjih 5 dana, uz svakodnevnu promjenu hranjivog medija. Tada se pristupilo zračenju (Gammacell 220, Atomic Energy of Canada Ltd.; 4,13 Gy na minutu). Neposredno prije i odmah nakon zračenja stanice su držane na ledu (0°C). U neke je uzorke zatim dodana ispitivana proteinaza ili inhibitor, u koncentriranom alikvotu malog volumena. Uzorci su zatim prebačeni na 37°C i inkubirani 6 sati, što omogućuje reparaciju PLO. Stanice su zatim isprane, resuspendirane u mediju (bez upotrebe tripsina), izbrojane, te u odgovarajućem broju nasadene u plastične petrijevke (promjera 6 cm) i ostavljene u inkubatoru 7 dana da formiraju kolonije.

Kao što je poznato, reparacija PLO induciranih zračenjem varira čak u kontrolnim uzorcima od eksperimenta do eksperimenta. Zato je bilo potrebno pripremiti triplikatne uzorke sa stanicama u plato-fazi za svaku eksperimentalnu skupinu. Od svakog su uzorka

nadalje nasadijane kolonije ponovno u triplikatima.

Rezultati i diskusija:

Tablica I: Djelovanje neutralne serinske proteinaze, katepsina H i leupeptina na reparaciju PLO induciranih zračenjem.

Agens (konz.)	Doza (Gy)	FR _k (a)	FR (b)	FR/FR _k
Neutralna prot. (0,39nmol/h/ml)	12	2,42 \pm 1,14	4,49 \pm 2,57	1,85 \pm 1,07
Katepsin H (0,39nmol/h/ml)	12	4,69 \pm 0,25	5,15 \pm 0,76	1,10 \pm 0,37
Leupeptin (5 µg/ml)	12	4,69 \pm 0,25	1,81 \pm 0,08	0,38 \pm 0,03

(a) = FR_k, kontrolni faktor reparacije PLO, dobiven iz omjera preživljjenja uzorka s šestsatnom reparacijom u odnosu na uzorke nasađene odmah nakon zračenja.

(b) = PR, faktor reparacije uz prisutnost ispitivanog agensa, dobiven iz omjera preživljjenja stanica zadržanih u plato-fazi 6 sati nakon zračenja uz prisutnost agensa, u odnosu na uzorke nasađene odmah nakon zračenja.

Porast preživljjenja zbog reparacije PLO mijenja se u prisutnosti ispitivanih agensa. Na Tablici I prikazano je da neutralna serinska proteinaza djeluje stimulatorno na reparaciju ovih oštećenja (omjer FR/FR_k). S druge strane tiolna (cisteinska) proteinaza, katepsin H, nije pokazala izraženiji učinak.

Leupeptin je poznat kao inhibitor tiolnih proteinaza, koji uz to može indirektnim putem promijeniti intracelularnu aktivnost drugih tipova proteinaza (7). Prisutnost leupeptina za vrijeme reparacije PLO djeluje inhibitorno, te je porast preživljjenja reducirana na otprilike 40% (Tablica I).

Naša ranija ispitivanja na nezračenim stanicama su pokazala da ova tri agensa (u koncentracijama navedenim u Tablici I) djeluju na staničnu proliferaciju (8). Njihova prisutnost u G₁-fazi staničnog ciklusa djeluje stimulatorno na sposobnost formiranja kolonija, dok je u ranoj S-fazi učinak inhibitoran. Ovi agensi također djeluju stimulatorno na stanice koje iz neproliferativnog prelaze u proliferativno stanje.

Može se zaključiti da su neki specifični intracelularni proteolitički enzimi, posebno oni iz klase neutralnih serinskih proteinaza, uključeni u regulaciju aktivnosti povezanih s reparacijom PLO induciranih zračenjem. Detaljnija primjena proteinaza i njih-

hovih specifičnih inhibitora u ispitivanju reparacije PLO mogla bi doprinjeti boljem poznavanju prirode i mehanizma popravka ovakovih oštećenja u stanici. Ostaje također da se ustvrdi može li se primjenom nekog od ovakovih agensa postići poboljšanje u kliničkoj radioterapiji malignih bolesti.

Abstract:

Repair of potentially lethal damage induced by radiation or some drugs in mammalian cells in vivo and in vitro, is related to some of cell cycle activities. Specific intracellular proteinases are involved in the regulation of these proliferative processes. In this work, it is shown that some proteinases and their specific inhibitors can modify repair of potentially lethal damage in gamma irradiated plateau-phase cultures of Chinese hamster cells.

Literatura:

1. Hahn, G.M., Little, J.B.: Curr.Top.Rad.Res., 8(1972)39.
2. Nakatsugawa, S., Dewey, W.C.: Int.J.Radiat.Oncol.Biol.Phys., 10(1984)1425.
3. Weichselbaum, R.R., Little, J.B.: Int.J.Radiat.Oncol.Biol.Phys., 9(1982)91.
4. Beetham, K.L., Tolmach, L.J.: Radiat.Res., 100(1984)104.
5. Suhar, A., Kopitar, M., Turk, V.: Acta Biol.Med.Germ., 41(1982)61.
6. Suhar, A., Marks, N., Turk, V., Benuck, M.: U "Proteinases and their inhibitors", Turk V., Vitale Lj. izdavači, Pergamon Press, Ljubljana-Oxford, str.33, 1981.
7. Sutherland, J.H.R., Greenbaum, L.M.: Biochem.Biophys.Res. Commun., 110(1983)332.
8. Schauer, P., Korbelik, M., Suhar, A., Škrk, J., Turk, V., Likar, M.: 8th International Biophysics Congress, Bristol 1984, Book of Abstracts, str.42.

3. sekcija: RADIJACIJSKA MEDICINA
I BIOODOZIMETRIJA

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠТИTI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. jun 1985.

Jeremić M, Djordjević V, Panov D. i Milačić S.
Institut za medicinu rada i radioološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović", Beograd

UČESTANOST LEUKOCITOPENIJA KOD LICA
PROFESSIONALNO IZLOŽENIH DEJSTVU JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Sažetak U saopštenju se iznose rezultati višegodišnjeg praćenja hematoloških promena kod radnika profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja u jednoj zdravstvenoj radnoj organizaciji, sa posebnim osvrtom na učestanost leukocitopenija kod navedene grupe radnika u odnosu na kontrolnu grupu. Rezultati ispitivanja pokazuju da postoji statistički značajno veći procenat leukocitopenija kod eksponovanih radnika u odnosu na kontrolu (χ^2 -test = 7,55 0,01), pri dozama koje kod eksponovanih radnika, u najvećem broju slučajeva, nisu preuzele granicu gornje doze za profesionalnu ekspoziciju (0,05 Sv).

Uvod

Na osnovu Preporuka Međunarodne komisije za radioološku zaštitu (1) granica doze zračenja za lica koja su u toku svoje profesionalne ekspozicije izložena dejstvu jonizujućih zračenja iznosi za sve nestohastičke efekte, izuzev za očno sćivo, 0,5 siverta godišnje. Za krvotvorne organe granica ekvivalenta doze, prema našim zakonskim propisima (2), kao i prema ranijim Preporukama MKRZ (3), iznosi pri profesionalnoj ekspoziciji 0,05 siverta, što znači da je vrednost granice ekvivalenta doze u novim Preporukama povećana za red veličine. Rezultati naših ispitivanja ukazuju da do promena u hematopoezi, prvenstveno u beloj krvnoj lozi, može da dodje i pri dozama koje su znatno manje od doza predloženih u novim Preporukama Međunarodne komisije za radioološku zaštitu.

Metod rada

Da bismo potvrdili svoju pretpostavku o uticaju doza ionizujućih zračenja ispod 0,5 siverta na pojavu nestohastičkih efekata, uzeli smo u razmatranje samo jedan parametar: učestalost pojave leukocitopenija kod radnika koji rade u zoni ionizujućih zračenja. Kao uzorak za statističku obradu uzeti su u obzir radnici jedne zdravstvene radne organizacije koji su na svom radnom mestu više godina izloženi dejstvu malih doza ionizujućih zračenja pri primeni otvorenih i zatvorenih izvora ionizujućih zračenja u dijagnostičke i terapijske svrhe. Uslov je bio da su radnici pre stupanja na rad u zoni ionizujućih zračenja imali normalan hematološki nalaz, da su najmanje tri godine radili u zoni ionizujućih zračenja i da broj leukocita u perifernoj krvi u toku profesionalne ekspozicije nije bio veći od $4,5 \times 10^9/l$.

Analizom su obuhvaćene tri grupe ispitanika. Prvu grupu čini 329 osoba koje su profesionalno izložene dejstvu ionizujućih zračenja, drugu grupu čini 85 ispitanika iz iste radne organizacije, ali koji svoje radne zadatke obavljaju van zone dejstva ionizujućih zračenja, dok treću čini populacija od 257 radnika jedne radne organizacije čiji radnici rade u potpunoći van zone dejstva zračenja, a koja po svojoj dobnoj strukturi približno odgovara populaciji iz prethodne dve grupe.

Premda podacima o veličini primljenih doza radnici eksponovane grupe u najvećem broju slučajeva nisu bili ozračeni dozama većim od 0,05 siverta godišnje. Za jednu grupu radnika, koji su radili pod nepovoljnim uslovima pre uvođenja lične dozimetrije, ne postoji dozimetrijski podaci ali je mala verovatnoća da su i oni u toku svoje profesionalne ekspozicije mo-

gli primati doze veće od 0,5 siverta godišnje.

Rezultati i diskusija

Od ukupno 329 posmatranih ispitanika eksponovane grupe u 21,2% ili, u proseku, kod svake pete osobe konstatovana je leukocitopenija. Kod 85 ispitanika druge grupe procenat utvrđenih leukocitopenija konstatovan je u statistički značajno manjem odnosu (9,4%), odnosno, u svakog desetog ispitanika (χ^2 -test 6,45; 0,02). Kod 257 ispitanika treće grupe procenat ustanovljenih leukocitopenija iznosi 12,8%, dakle, statistički neznatno više u poređenju sa drugom grupom ali statistički značajno niže u poređenju sa prvom - eksponovanom grupom: χ^2 -test 7,55; 0,01 (tabela 1).

Učestanost leukocitopenija u analiziranim grupama

Tabela 1

Analizirane grupe Zdravstvene organizacije	Ukupni broj ispitanika	Ispitanici sa leukocitopenijom	
		broj	%
Eksponovana grupa	329	70	21,2
Neeksponovana grupa	85	8	9,4
Kontrolna grupa	257	33	12,8

Visok procenat utvrđenih leukocitopenija u grupi eksponovanih radnika injicirao je potrebu da se proanalizira funkcija profesije, odnosno, poslova koje obavljaju ti radnici. S tim u vezi konstatovano je sledeće: najveći procenat ispitanika sa verifikovanom leukocitopenijom ustanovljen je medju bolničarkama (59%), u proseku nešto više nego u svakog drugog ispitanika; na drugom mestu nalaze se babice sa 33,3% ali, u proseku, svaka treća ispitanica; u rendgen tehničara i medicinskih sestara i tehničara ustanovljen je identičan procenat: 20,0% i 20,7%, odnosno, u proseku, u svakog petog ispitanika; u proseku svaka sedma servirka (15,0) ima verifikovanu leukocitopeniju, dok je u populaciji

lekara ona konstatovana u najmanjem procentu (9,3%); relativno visok procenat leukocitopenija utvrdjen je medju eksponovanim radnicima u grupi ostalih profesija (22,2%). U toj grupi od šest registrovanih leukocitopenija četiri se odnose na pomoćne radnike koji su radili u rendgen i radioterapiji i administrativne radnice u zoni zračenja i po jedna na fizikohemičara i VK mašinabravara.

U nameri da se pobliže upoznamo sa pojavom leukocitopenije medju eksponovanim radnicima, pored profesije proučavana je i uloga dužine ekspozicije u zoni jonizujućih zračenja. Obradjeni podaci pokazuju da postoji kontinuiran porast učestanosti leukocitopenija sa dužinom ekspozicije.

Imajući u vidu značajnu ulogu ekspozicije u pojavi leukocitopenije u eksponovanoj grupi u poređenju sa neeksponovanim grupama, smatramo da se s pravom može ukazati na uticajnu ulogu zračenja na pojavu i učestanost leukocitopenija i da granicu ekvivalenta doze od 0,5 siverta godišnje, ne bi trebalo prihvatići.

Abstract

The results of many years follow-up studies on hematological changes in workers who have been occupationally exposed to ionizing radiation in one health institution are presented in the communication, with a particular reference to the relation of the leucocytopenia frequency between this group of workers and the control group. The investigation results point to the statistically significant higher percentage of leucocytopenia in the exposed workers relative to the control (χ^2 - test = 7,55; 0,01), besides of having such doses in the exposed workers which in great number of cases did not exceed annual dose-equivalent limit for the professional exposure (0,05 Sv).

Literatura

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Pergamon Press, 1977;
2. Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju, Službeni list SFRJ br. 27/77);
3. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 9, Pergamon Press, 1966.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZASTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. jun 1985.

Dodić S. Milačić S. Tasić Z. i Jeremić M.

Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karađović", Beograd

RADIJACIONI MIOPERIKARDITIS U RADNIKA AKCIDENTALNO
OZRAČENOG GAMA ZRAČENJEM

Rezime: Autori prikazuju slučaj radijacionog mioperikarditisa radnika akcidentalno ozračenog gama zračenjem iz izvora Ir192 aktivnosti 275 GBq (7,43 Ci). Pojava ovoga oboljenja registrovana je tri meseca nakon akcidenta elektrokardiografskim nalazima i ehokardiografski uz negativan ergometrijski test. Dve godine nakon akcidenta elektrokardiografske promene su počele da se povlače ali se nisu sasvim normalizovale. U pacijenta je, osim opisanih kardioloških pojava postojao klasični trijas akutnog radiodermatitisa II stepena, leukocitopenija i trombocitopenija

Uvod

Medju klasično poznatim podacima o radiosenzibilnosti humanih organa i tkiva ističe se osetljivost na jonizujuće zračenje hematopoeznog tkiva, generativnog dela gonada, kože i sluzokože i očnog sočiva. Oštećenja parenhimskih organa i mišića jonizujućim zračenjem putem eksterne iradijacije redje se opisuju i ovi organi spadaju u manje radiosenzibilne. U nama dostupnoj literaturi vrlo retko smo nailazili na radijaciona oštećenja miokarda, dok su radijacioni perikarditi nešto češće bili opisivani.

Govoreći o akutnoj radijacionoj bolesti Ellinger navodi da u poznoj njenoj fazi može da se javi eksudativni pericarditis, dok u srčanom mišiću mogu da se nadju hemoragije različite veličine starijeg porekla. Srčani mišić postaje mlitav i mek, ali miofibrile pokazuju malo promena.(1) Po našem mišljenju ovakve promene su više posledica radiosenzibilnosti krvnih sudova miokarda nego samoga srčanog mišića.

Prateći elektrokardiografske promene u grupi od 53 radnika na nuklearnim reaktorima Besarabić i Aleksić nisu našli

značajne razlike u elektrokardiografskom nalazu u odnosu na kontrolnu grupu.(2)

Voskresenski i Smiljanic iznose slučaj radijacionog oštećenja srca u pacijentkinje terapijski zračene totalnom dozom 2000-4000R zbog malignog tumora leve dojke. Autori, doduše bez dokumentacije, navode da su se u pacijentkinje kao posledice zračenja javili adhezivni perikarditis, mikrovoltaža, tahikardijs i hipertonijs.(3)

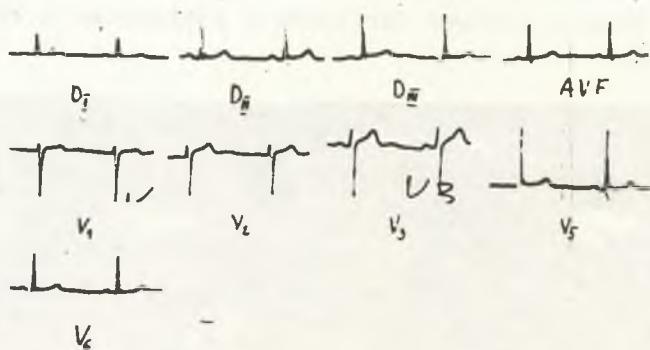
Gordon, Strong i Amerin su obavljali eksperimente na zecvima. Nakon ozračenja različitim dozama i nisu primetili razlike u volumenu i zapremini srca, kao ni morfološka oštećenja miokarda niti poremećaje u kontraktibilnosti srčanog mišića. Nasuprot tome, Hartman i Boline, koji su ove eksperimente radili na psu i teletu, izazvali su hidroperikard, dilataciju desne komore, hijalinu degeneraciju sa hemoragijskom infiltracijom mišića. Pojedina vaskna su bila vakuolizirana i infiltrovana kapljicama masti. Zapaženo je i zadebljanje zida krvnih sudova sa leukocitnom infiltracijom. Elektrokardiografska slika potvrdila je postojanje lezija. (4)

Vertman je ispitivanjem srca zecova ozračenih velikim dozama -1930. g. našao teška oštećenja miokarda, granulocitnu degeneraciju i atrofiju mišićnih vaskana. (5).

Cilj ovog saopštenja je da se prikaže slučaj radijacionog mioperikarditisa, nastalog usled akcidentalnog ozračenja gama zračenjem.

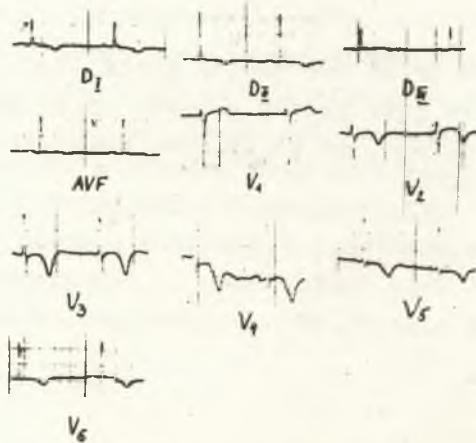
M.L. star 53 g. po zanimanju portir jedne fabrike u Srbiji 14. avgusta 1982. g. našao je u fabričkom dvorištu izgubljeni izvor Ir¹⁹² početne jačine 296 GBq koji je služio za defektoskopsku gama radiografiju i koji je u vreme akcidenta imao jačinu 275 GBq (7,43 Ci). Pomenuti izvor je nosio 3 dana u gornjem levom džepu radničke bluze a zatim ga je ostavio u fioku stola u ostavi za kojim je svakodnevno radio u proseku 1-2 č. dnevno narednih 19 dana. Ova ostava mu je služila i kao radionica u kojoj je obavljao izvesne popravke. Aproksimativno izračunata doza u funkciji starosti izvora iznosi oko 22,50 Gy računato za odstojanje od 7 cm a 42,00 Gy (4.200 r) za odstojanje 5 cm.

U Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu u Beogradu hospitalizovan je 3. septembra a sa znacima skutnog radijacionog epidermodermitsa koji je bio najintenzivniji na prednjem zidu levog hemitoraksa i sa hematološkim poremećajima u smislu trombocitopenije i leukocitopenije a bez ikakvih kardio-
loških smetnji i elektrokardiografskih promena (EKG br.1)



EKG br. 1. neposredno posle ozračivanja (10.IX 82.)

Elektrokardiogram načinjen prilikom treće hospitalizacije u februaru 1983. g. 6 meseci posle ozračivanja pokazuje negativan T zubac u D1, D2, AVF i od V2 do V6. Ovakav nalaz nije bio praćen subjektivnim tegobama niti objektivnim nalazom na srcu (EKG br.2)



EKG br. 2. 15 meseci posle ozračivanja (18.XII 83)

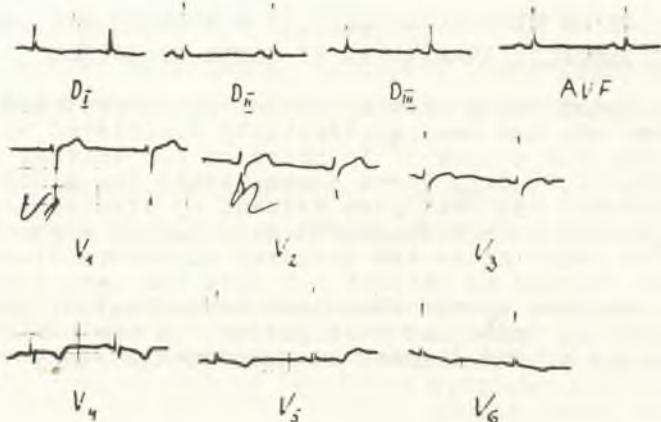
Isti elektrokardiografski nalaz se održava i prilikom sledećih hospitalizacija i ne regredira na terapiju koronaro-dilatatorima, a ehokardiogram načinjen maja 1983. g. ne ukazuje na patološke promene.

Prilikom osme kontrolne hospitalizacije jula 1984. g. urađen je ergometrijski test koji nije dao rezultate u smislu smanjenje koronarne rezerve, a posle zamora je čak došlo do smanjenja ST denivelacije. Ponovljeni ehokardiogram ovoga puta pokazuje debele listove perikarda i perikardne priraslice (Fot. EHO 1,2)



Ehokardiogram urađen jula 1984. ukazuje na perikardna i epikardna zadebljanja i priraslice.

Interesantno je da dve godine posle ozračivanja i 20 meseci nakon njihove prve pojave promene na ST segmentu EKG-a počinju da regrediraju, ma da se nisu normalizovale.(EKG br.3)



EKG br. 3 dve godine nakon ozračivanja (16.VII 84)

KOMENTAR

Pacijent je na prednjem zidu levog hemitoraksa imao masivni radijacioni epidermodermitis drugog stepena, koji je morao biti autotransplantiran.

Zbog radiosenzibilnosti krvnih sudova prva pretpostavka je bila da su elektrokardiografske promene posledica koronarne insuficijencije, što je ergometrijskim ispitivanjem isključeno. Ponovljenim ehokardiografskim nalazom objašnjene su elektrokardiografske promene postojanjem adhezivnog perikarditisa. Ustvari, elektrokardiografski nalaz, ergo test i ehokardiogram govore za kasniju pojavu perikarditisa sa subepikardijalnim ishemijskim oštećenjem miokarda. Zbog navedenog, slučaj je shvaćen kao pozni radijacioni mioperikarditis.

Kako srce ne spada u radiosenzibilne organe i kako su malobrojni literaturni podaci o oštećenjima srca ionizujućim zračenjem kontradiktorni, smatrali smo da je bilo potrebno prikazati ovaj slučaj.

Abstract

Dodić S. Milačić S. Tasić Ž. Jeremić M.
 Institut of Occupational and Radiological Health
 "Dr Dragomir Karajović", Belgrade

RADIATION MYOPERICARDITIS IN A WORKERS WHO WAS ACCIDENTALLY IRRADIATED BY GAMMA RADIATION

The authors presented a case of radiation myopericarditis in the worker who had been accidentally irradiated by gamma radiation from the source ^{192}Ir being of the initial activity of 275 GBq (7,43 Ci). Three months after the accident this disease occurrence has been made evident by electrocardiography findings, and echocardiographically having ergometry test negative. Two years after the accident electrocardiographic changes have started to retract but have not been normalized completely. Besides of the described cardiological appearances the classical trias has been present in the patient: acute radiodermatitis of 2nd degree, leukocytopenia and thrombocytopenia.

Literatura

1. Charles F. Behrens, M.D., F.A.C.R.: Atomic Medicine, The Williams, Wilkins Company, Baltimore, 1959, str. 147
2. Besarobić Milica, Aleksić Bosiljka: Učestalost i karakteristike kardiovaskularnih promena kod radnika na nuklearnom reaktoru, XI Jugosl. simp. o zaštiti od zračenja, Portorož 1981.
3. Dr J. Voshresensky i Dr. B. Smiljanic: Prikaz radiočtećenja srca i za zračenja tumora dojke prije 28 godina, X Simp. Jugosl. društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac 1979.
4. A. Lacassagne, G. Griconroff: Action des Radiations Ionisantes sur L'organisme, Masson, Cie, Editeurs, Paris, 1956.
5. Warthin and Pohle: The effect of Roentgen rays on the heart, Am. Journ. Roentgenol, 635, 1951.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZASTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. jun 1985.

Pavlović M., Milačić S. i Jeremić M.

Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

PROMENE SPIROMETRIJSKIH VREDNOSTI KOD RUDARA

KOJI SU RADILI U JEDNOM URANSKOM RUDNIKU

Rezime: Analizom dinamike spirometrijskih vrednosti (VC, FEV₁ i 100 FEV₁/VC) u periodu od 1963-1984. godine kod bivših radnika u rudniku uranijsuma nadjena je redukcija vitalnog kapaciteta (VC) od 21,05%, 17,44% za forsirani ekspiratorni volumen(FEV₁) i 9,72% odnosa 100 FEV₁/VC. U 1963. godini ispitiveni su ostvarivali VC i FEV₁ u proseku 107,5% (VC) ili 4,0% (FEV₁) od normi CECA da bi to ostvarenje 1982.god. iznosilo 89,7% (VC) odnosno 91,2% (FEV₁).

Nema statistički značajnih razlika u spirometrijskim vrednostima i redukciji istih u pušača i nepušača.

Uvod

U rudnicima urana rudari su istovremeno izloženi spoljašnjem zračenju, internoj kontaminaciji i kvarcnoj prašini, što sve zajedno doprinosi oštećenju pluća i oboljevanju, u prvom redu od pneumokonioze, hroničnog bronhitisa i emfizema pluća (1,2,3). Posledica ovih oboljenja je i oštećenje plućne ventilacije što se rutinski otkriva spirometrijskim testovima. Otvoreno je pitanje u kojoj meri oštećenju plućne funkcije doprinosi zračenje a u kojoj kvarcna prašina i navika pušenja duvana (2). Spoljašnje zračenje nastaje beta i gama emisijom produkata raspada urana 238 i 235. Interna kontaminacija nastaje inhalacijom radioaktivnih supstancija prisutnih u vazduhu radilišta i galerija rudnika u prvom redu radonom i njegovih radioaktivnih potomaka od kojih su za respiratorni sistem najopasniji alfa emiteri (RaA i RaC') koji vrše veoma intenzivnu ionizaciju bronhijalnog epitela.

Materijal i metod

Analizirali smo plućni status u 99 bivših rudara jednog

rudnika uranijuma koje pratimo više od 20 godina. Svim ispitnicima je urađen klinički pregled, anketa na respiratorne simptome MRC upitnikom, spirometrija na vodenom spirometru "Expirograph" firme Godart i ro-grafija pluća tehnikom za detekciju pneumokonioza.

Spirometrijom su mereni vitalni kapacitet (VC), forsirani ekspiratori volumen u prvoj sekundi (FEV_1) i izračunavan odnos FEV_1/VC . Spirometrijske vrednosti su uporedjivane sa normama CECA a ro-grafije pluća je tumačio rendgenolog koristeći klasifikaciju ILO-1980.

Rezultati i diskusija

Posećna starost uzorka polovinom 1982. god. je iznosila $54,11 \pm 8,08$ godina (tablica br. 1) što znači da je 1963. godina uzorak bio 19 god. mlađi. Posećna ekspozicija u uranskom rudniku je kratka jer je rudnik zatvoren nakon određenog vremena eksploracije.

Distribucija ispitanih prema uzrastu, godinama rada u rudniku uranijuma i neuranskim rudnicima (ekspos. SiO_2)

-stanje 1982.god.

Tablica br. 1.

	30-39	40-49	50-59	60-69	Svega	X	SD
God.starosti	-	32	42	25	99	54,1	8,08
Ekspos. SiO_2 (neuran.rud.)	10	10-19	20-29	30			
	43	19	17	-	79	9,65	7,19
Ekspozicija u uran.rudn.	1-5	6-10	11-15	16			
	54	36	8	1	99	5,99	4,06

Spirometrijske vrednosti su 1963. godine bile u proseku nešto više od normi CECA što se može objasniti činjenicom da tada mnogi rudari su tek počeli sa radom pa je ekspozicija bila vrlo kratka. Međutim, 1972. i 1982. godine dolazi do redukcije svih spirometrijskih parametara na nivou statističke značajnosti (p < 0,01), tablica br. 2.

Spirometrijske vrednosti od 1962-1982. godine

Tablica br. 2

Spirometriski parametar	1963 n=56	1972 n=87	1982 n=99	Signifikantnost 63-72 63-82
VC(% od norme)	107,5±13,2	94,4±11,1	89,7±13,0	t=6,11 t=8,09
FEV ₁ "	104,0±8,6	95,0±17,3	91,2±18,4	t=3,06 p t=4,42
loo FEV ₁ /VC	79,0±4±8,6	74,6±7,6	71,8±8,2	t=3,11 t=5,05
VC 80%	1-1,78%	7-8,04%	18-18,1%	X ² =3,99 X ² =13,4
FEV ₁ 80%	5-8,92%	11-12,6%	21-21,2%	X ² =0,64 X ² * 5,01 NS p

Takodje, i procenat radnika sa patološkim vrednostima VC i FEV₁ (manji od 80% od norme) se takodje značajno povećava 1982. i 1972. god. (p < 0,05) osim za FEV₁ u periodu 1963-1972 godine. Ovakve promene u spirometrijskim vrednostima govore u prilog prisutnosti respiratornog hazards u ovom rudniku.

Najveći broj radnika-91 (91,9%) nema ili ima diskretnu pneumokoniozu tipa o/l. Mala zasenčenja p,q,r imaju četiri rudara (4,04%) a velika -B i C dva rudara (2,02%). Hroničnu ekspекторaciju, dve godine i dužu, imaju prema MRC upitniku 30 osoba (30,03%) i njihov broj je 1982. godine bio 3,75 puta veći nego 1962. godine.

Pušača je bilo 1982. godine 36,6% i njihove spirometrijske vrednosti se značajnije ne razlikuju u odnosu na nepušače (tablica br.3) kako u 1963. g. tako i u 1982. godini. Ovakav nalaz sugerira zaključak da pušenje u ovom slučaju igra manju etiološku ulogu u nastanku spirometrijskog deficita od potomske radona i prašine SiO₂.

Spirometriske vrednosti u odnosu na pušenje

Tablica br. 3

	Spirometrijske vrednosti	1963	1972	1982
Pušači	VC (% od norme)	105,4±11,3	92,5±11,2	86,5±13,3
	FEV ₁ "	104,5±18,2	93,5±15,4	88,5±18,4
	loo FEV ₁ /VC	79,2±9,5	74,9±5,2	71,3±6,9
Nepušači	VC (% od norme)	109,4±14,6	95,5±11,2	91,7±13,3
	FEV ₁ "	105,2±17,0	94,94±18,5	92,4±19,5
	loo FEV ₁ /VC	79,4±8,9	72,6±9,3	70,2±8,6
(VC, FEV ₁ i loo FEV ₁ /VC) Nepušači: Pušači -N.S.				

Budući da nam se svi radnici nisu odazvali na kontrolni pregled u sve tri posmatrane godine, praćenje dinamike spiro-metriskih vrednosti nije bilo moguće kod svih ispitanika tokom celog perioda a kod onih kod kojih je to bilo moguće vidi se da je ostvarenje 1982. prema 1963. god. bilo manje u odnosu na normu za 21,05 odnosno 17,44 ili 1,1% i 0,91 za jednu godinu. To je više nego što pominju Samet i sar. (4) koji nalaze redukciju FEV_1 od 0,5% na godinu kod iste kategorije rudara. Procenat redukcije je u periodu 1963-1972. veći nego 1972-1982. god. ali ne i statistički značajan.(tablica br. 4)

Redukcija spirometrijskih vrednosti u periodu od 1963-1982.godine Tablica br. 4

Spirometrijske vrednosti	1963-1982	1963-1972	1972-1982
VC(smanjenje u % od norme)	21,05+11,3	17,15+14,0	9,82+7,1
FEV_1	17,44+11,32	15,72+13,4	10,38+8,5
100 FEV_1/VC	9,72+6,47	8,91+6,50	6,34+6,30

Nema statistički značajnijih razlika u veličini redukcije spirometrijskih vrednosti pušača i napušača.

CHANGES IN SPIROMETRY FINDINGS IN MINERS WHO HAD BEEN WORKING IN AN URANIUM MINE

Pavlović M., Milačić S., Jeremić M.

Summary

By an analysis of the dynamic of spirometry findings (VC, FEV_1 and 100 FEV_1/VC) during the period 1963.-1984. in the workers who had been working in an uranium mine, they showed a decrease of vital capacity (VC) of 21,05%, 17,44% for the forced expiratory volume (FEV_1) and 9,72% of 100 FEV_1/VC ratio. In 1963. VC and FEV_1 findings in examinees were found to be on the average of 107,5% (VC) or 4,0% (FEV_1) related to CECA standards, and in 1982. the findings showed to be 89,7% (VC) and 91,2% (FEV_1) respectively. There are no statistically significant differences in spirometry findings and their decrease for smokers and non-smokers.

Literatura

1. Archer V.E. and Al: Uranium Mining and Cigarette Smoking: Effects of Man, *Health Phys.*, 10 (1973), 1183
2. Cross F.T., Palmer R.F. and Al: Development et Lesions in Syrian Golden Hamsters Following Exposure to Radon Daughters and Uranium ore Dust, *Health Phys.* 41, (1981), 135.
3. Kilibarda M.: Uticaj radona i potomaka u etiopatogenezi oštećenja respiratornog sistema
4. Samet D.M.; and Al.: Prevalence Survey of Respiratoria Abnormalites in New Mexico Uranium Miners, *Health Physics*, 46, (1984) 361.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

M.Savić, P.Čremošnik-Pajić

Medicinski fakultet -OOUR institut za zdravstvenu zaštitu,
RJ Zavod za medicinu rada, Novi Sad

TEMPERATURA KOŽE PRSTIJIU ŠAKA RADNIKA IZLOŽENIH DELOVANJU
JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

Sažetak

Cilj rada je bio doći do saznanja o mogućnosti primene kožne termometrije u proceni periferne cirkulacije šaka radnika izloženih jonizujućem zračenju. Niža temperatura kože prstiju šaka je od 146 pregledana radnika nađena u 43 (29,66%). U 15 (10,34%) su nađena stanja ili oboljenja koja su mogla da utiču na visinu temperature, u 28 (19,31%) nisu. U svih 28 radnika kapilaroskopski nalaz nije bio u fiziološkim granicama.

Uvod

Poznato je da se pri direktnom izlaganju šaka jonizujućem zračenju na istim javljaju promene kako na koži tako i na malim krvnim sudovima. Za procenu stanja periferne cirkulacije se koriste brojne metode, a među njima je i kožna termometrija. Cilj našeg rada je bio doći do saznanja o mogućnosti primene kožne termometrije u proceni periferne cirkulacije šaka radnika izloženih jonizujućem zračenju.

Uzorak i metod rada

Kao uzorak za rad smo uzeli 146 zdravstvena radnika koji su u toku rada izloženi delovanju jonizujućeg zračenja. U svakog radnika je izvršen kompletan pregled specijaliste medicine rada, elektrokardiografsko snimanje, izvršene laboratorijske analize (sedimentacija, urin, kompletna krvna slika, trombociti, binuklearni limfociti, ukupne masti, holesterol, glikemija, urea u serumu), kapilaroskopski pregled i izmerena temperatura kože električnim termometrom švedske proizvodnje na jagodicama prstiju i drugom i trećem članku obe šake. Za normalnu kožnu temperaturu prstiju šaka smo uzeli vrednost od 30°C i više stepeni.

Rezultati rada

Od 146 radnika u 43 (29,45%) je nađena temperatura kože prstiju šaka ispod 30°C . U 15 radnika je nađeno drugo stanje ili

obolenja (Hypertensio arterialis 7, Hypotensio 1, anemija 3, diabetes 2, hiperholesteronemija 2) koje je moglo da ima uticaja na perifernu cirkulaciju, a u 28 (19,18%) nije. U odnosu na ekspozicioni staž jonizujućem zračenju niža temperatura kože prstiju je nađena u svih radnika, ali je njihov broj bitnije veći sa stažom preko 10 godina (tabela 1). Najveći broj sa nižim temperaturama je nađen u radnika sa preko 30 i od 21-25 godina staža. Radnici do 34 godine života imaju najmanji broj sa nižim temperaturama kože, a radnici od 35-39 i 50 i više godina najveći (tabela 2).

U 20 (13,70%) radnika je nađena kožna temperatura prstiju bila za više od jedan stepen veća na desnoj u poređenju sa levom šakom. U 7 (4,79%) ovih radnika temperatura kože je bila normalna, dok je u 13 (8,9%) bila niža.

Od svih 43 radnika koja su imala niže temperature kože samo je u 4 (9,3%) kapilaroskopski nalaz bio u fiziološkim granicama. Od 28 radnika koji nisu imali oboljenja koja bi mogla da utiču na perifernu cirkulaciju u 13 (46,43%) su u kapilaroskopskom nalazu nađena izrazitija odstupanja od fiziološkog dok je u 15 (53,37%) bilo blažih odstupanja.

Diskusija

Kožna termometrija se dosta koristi u proceni periferne cirkulacije radnika izloženih različitim štetnostima. Veći broj autora (1,2,3) je našao smanjenje temperature kože u radnika koji su bili izloženi delovanju vibracija. Paranović i saradnici (4) su našli niže temperature kože i u radnika koji su bili izloženi delovanju vinilhlorida. Sovjetski autori (5) su primenom termovizije našli poremećaj periferne cirkulacije na donjim ekstremitetima u rudara radnika uglja i smatraju da je do ovih promena došlo usled delovanja nepovoljnih mikroklimatskih uslova.

Takođe i naši nalazi nižih kožnih temperaturi i promene na kapilarima prstiju šaka ispitivanih radnika ukazuju na postojanje poremećaja mikrocirkulacije.

Ne može se sa sigurnošću reći da su nađene kožne temperature prstiju šaka u ispitivanoj grupi radnika posledica delovanja samo jonizujućeg zračenja s obzirom da brojni faktori mogu da imaju uticaja na perifernu cirkulaciju, a time i vrednosti kožne temperature. Isključivanjem nema poznatih faktora ipak smo našli niže temperature u 19,18% radnika.

Predpostavljamo da se u većini ispitivanih radnika radilo o funkcionalnim promenama na perifernim krvnim sudovima u kojih se

primenom adekvatnih mera zaštite može sprečiti dalje napredovanje procesa. Zbog toga i smatramo da pri periodičnim pregledima ima značaja kontrola periferne cirkulacije posebno u onih osoba čije su šake pri radu stalno izložene jonizujućem zračenju.

Zaključak

U ispitivanoj grupi 146 zdravstvenih radnika, koji su u toku rada bili izloženi delovanju jonizujućeg zračenja je nađena niža temperatura kože prstiju šaka u 43 (29,45%) slučaja. U 15 (10,34%) su nađena stanja ili oboljenja koja su mogla da utiču na visinu temperature, a u 28 (19,31%) nisu. U svih 28 radnika kapilaroskopski nalaz je bio sa izvesnim odstupanjima od fiziološkog. Pri kontroli periferne cirkulacije pored ostalih metoda ima svoje mesto i termometrija.

Abstract

HAND SKIN TEMPERATURE IN WORKERS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

This study was aimed at recognizing possibilities of application of skin thermometry in evaluation of periphery circulation in hands in workers exposed to ionizing radiation. Lower temperature of finger skin was found in 43 (29.66%) od 146 examined workers. Conditions and diseases, which might have affected temperature, were found in 15 workers (10.34%) whereas they were absent in 28 workers (19.31%). Capillaroscopic findings were not within physiological limits in all 28 workers.

Literatura

1. Karpova, N.I.: Vibracija i nervnaja sistema, "Medicina", Moskva, 1976, str 76
2. Iljina, N.A., Bezrodnih, A.A., Milešnikova, V.V. u knjizi Tareeve, E.M. i sur.: Vibraciona bolezn, Profesionaljnie zabolevanija, "Medicina", Moskva, 1976, str. 281
3. Matsumoto, T., Yokomou, M., Harada, N., Fukuchi, Y., Kanamori, M., Goth, M.: Industrial Health 20, 3, 167, 1982. Mailmen's vibration hazard induced by motorcycle riding: results of cooling load tests.
4. Paransoć M. i saradnici: Simpozijum o toksikologiji, vinilhlorida, Zbornik radova, Svetozarevo, 1984, str. 144
5. Gorjanova, I.K.: Higiena truda i profesionalnie zabolevanija, 7, 1, 1981

Tabela 1

PRIKAZ RADNIKA SA NIŽIM TEMPERATURAMA KOŽE PREMA DUŽINI STAŽA

Ekspozicioni staž	Ukupno	Sa nižom temperaturom			
		U k u p n o		Bez drugih obolje- nja i stanja	
		Broj	%	Broj	%
Do 5	32	6	18,75	2	6,25
6 - 10	32	6	18,75	4	12,5
11 - 15	30	11	36,67	7	23,33
16 - 20	14	7	50	4	28,57
21 - 25	20	9	45	7	35,0
26 - 30	11	2	18,18	2	18,18
31 i više	5	2	40,00	2	40,00
U K U P N O :	146	43	29,45	28	19,18

Tabela 2

PRIKAZ RADNIKA SA NIŽIM TEMPERATURAMA KOŽE PO DOBNIM GRUPAMA

Dobne grupe	Ukupno	Sa nižom temperaturom			
		U k u p n o		Bez drugih obo- ljenja	
		Broj	%	Broj	%
20 - 24	4	2	50,00	-	-
25 - 29	11	2	18,18	1	9,09
30 - 34	23	3	13,04	2	8,70
35 - 39	27	10	37,03	8	29,63
40 - 44	15	3	20,00	2	13,33
45 - 49	27	7	25,93	4	14,81
50 i više	39	16	41,03	11	28,21
U K U P N O :	146	43	29,45	28	19,18

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13. juna 1985.

Besarabić Milica, Radotić Milorad*

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
* Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

ANKSIOZNOST U USLOVIMA PROFESIONALNOG OZRAČIVANJA

Ovaj rad je pokušaj da se objektivizacijom simptoma simpatikotonije odgovori na pitanje: koliko dugogodišnje profesionalno izlaganje jonizujućim zračenjima utiče na vegetativni nervni sistem eksponovanih radnika.

Simptomi simpatikotonije su prikazani prema tabeli po Schachtel-u, a dobijeni rezultati ne ukazuju na prisustvo značajnog vegetativnog oštećenja.

Anksioznost, kao pojam, označava apstrakciju koja se odnosi i na način doživljaja i objekat doživljaja. Postoji više objašnjenja ovog fenomena, ali pošto to nije predmet ovoga rada, prihvatićemo da anksioznost znači obuhvatanje ljudske mogućnosti za razvijanje odnosa vlastiti identitet-svet (1).

Schachtel je obradio medjuodnose fizioloških i doživljajnih procesa i anksioznost smatra doživljajnim procesom, koji je uzrokovani tzv. fiziološkom pozadinom (1).

Radeći u uslovima ekspozicije jonizujućim zračenjima, kod radnika je prisutan i osećaj postojanja mogućnosti oštećenja vlastitog zdravlja. Kakav će se odnos izgraditi zavisi od mnogo faktora, uključujući pre svega ličnost eksponovanog.

Cilj ovog rada je obrada objektivnih simptoma anksioznosti u korelaciji sa apsorbovanom dozom zračenja u uslovima hronične profesionalne ekspozicije.

MATERIJAL I METODE

Metodom prospektivne epidemiološke studije obradjeni su dobro poznati znaci simpatikotonije kod 387 saradnika Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči, po Schachtel-ovim preporukama: široke zenice, stezanje u grudima, lupanje srca, osećaj

suvoće u ustima i grlu, drhtanje prstiju ruku, vlažni dlanovi, sindrom ukočenog vrata i ramena, znaci ekscitacije na EKG-u. Ispitivana populacija je podeljena u tri grupe posmatranja. Grupe su formirane prema veličini doza zračenja evidentiranih na ličnim film i termoluminiscentnim dozimetrima. U prvu grupu su svrstani saradnici IBK, sa evidentiranim godišnjim dozama do 10 mSv, u drugu ispitanici sa evidentiranim godišnjim dozama od 10 mSv do 45 mSv, a treća je grupa saradnika IBK, koji nikad nisu radili u zoni ekspozicije ionizujućim zračenjima. Primenom dvofaktorske analize varijanse, statistički je obrađen materijal i odredjena značajnost razlika posmatranih parametara.

Rezultati i diskusija

Na tabeli 1 je prikazan apsolutni broj pozitivnih događaja posmatranih obeležja.

Tabela br 1

DISTRIBUCIJA SIMPTOMA SIMPATIKOTONIJE PO GRUPAMA POSMATRANJA (m)

znaci simpatikotonije	I grupa		II grupa		III grupa	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
široke zenice	17	16	5	2	0	4
stezanje u grudima	1	5	1	2	0	1
lupanje srca	2	2	2	1	4	3
suva usta i grlo	0	1	0	0	1	1
drhtanje prstiju ruku	5	0	3	0	2	0
vlažni dlanovi	15	14	5	2	2	6
ukocen vrat i ramena	76	50	38	7	31	10
znaci ekscitacije na EKG-u	36	26	48	13	13	11

Od prikazanih 8 obeležja, statističkoj obradi je podvrgnuто pet, zato što se simptomii: lupanje srca, suva usta i grlo i drhtanje prstiju ruku, javljaju u malom broju i nedostupni su statističkoj obradi.

Da li postoji i kakva je medjuzavisnost posmatranih obeležja u datim uslovima ekspozicije jonizujućim zračenjima, uzimajući u obzir i pripadnost polu, prikazano je na tabeli 2.

Tabela br 2

MODEL DVOFAKTORSKE STATISTIČKE ANALIZE(3x2)SIMPTOMA SIMPATIKOTONIJE

	n	široke zenice	stezanje u grudima	vlažni dlanovi	ukočen vrat	znaci ekscitacije na EKGu
I GRUPA	♂ 120	0,14	0,008	0,125	0,63	0,30
	♀ 69	0,23	0,36	0,20	0,72	0,38
II GRUPA	♂ 100	0,05	0,01	0,05	0,38	0,48
	♀ 28	0,07	0,14	0,07	0,25	0,46
III GRUPA	♂ 42	-	-	0,05	0,74	0,31
	♀ 19	0,21	0,05	0,32	0,53	0,58
F _A		6,52 0,002	0,23 0,79	3,98 0,02	18,93 0	3,59 0,028
F _B		9,11 0,003	11,84 0	9,42 0,002	0,22 0,62	1,24 0,26
F _{AB}		0,23 0,79	-	9,41 0,0001	2,81 0,06	1,98 0,14
F _X		4,52 0,0005	2,46 0,033	7,24 0	8,74 0	2,48 0,03

n je ukupan broj ispitivane populacije

m je broj osoba sa datom promenom

p - m/n je aritmetička sredina atributivnog obeležja

F_A je varijansa za uticaj faktora ekspozicije ion. zračenjima

F_B je varijansa za uticaj faktora pola

F_{AB} je simultano delovanje oba faktora u gradacijama

F_X je grupna (faktorska) varijansa (delovanje svih organizovanih faktora)

U literaturi je opisano dejstvo jonizujućeg zračenja na nervni sistem, bazirano u najvećem broju slučajeva na eksperimentalnim podacima (3), a kod ljudi, u opisima akidentalnih slučajeva, naročito kod akutnog radijacionog sindroma najtežeg stepena (4).

Sve veća pažnja se poklanja uticaju zračenja na vegetativni nervni sistem, ali su i u ovoj oblasti eksperimentalni radovi dominantni, a doze zračenja višestruko veće od doza kojima su ljudi izloženi u normalnim profesionalnim uslovima.

Epidemiološki pristup ovim problemima je značajan u oblasti zaštite od zračenja, međutim, autori nisu našli takvu obradu u dostupnoj literaturi.

Kao što se vidi na tabeli br 2 nema značajnije razlike u posmatranim simptomima simpatikotonije u odnosu na izloženost zračenju, ali postoje neke razlike u odnosu na pol i to u kontrolnoj grupi. Ako se uzme u obzir da je veoma teško odmeriti simptome, koji čak nisu ni specifični, jer takvih nema, onda je razumljivo zašto se može reći da je ovaj rad pokušaj da se objektivizuju mogući znaci anksioznosti kako bi se odgovorilo na pitanje koliki je udeo profesionalnog ozračivanja. Ovaj rad ukazuje da su drugi faktori, koji utiču na svakodnevni život značajniji. Međutim, relativno mali broj ispitanika, neselekcionišana kontrolna grupa, i nemogućnost preciznog definisanja svakog obeležja zahteva opreznost u zaključivanju. Ograničenost prostora, onemogućava razmatranje svih mogućih parametara koji su mogli da uslove negativnu incidenciju u ovom radu, ali se ipak može zaključiti da u uslovima kontrolisanog, profesionalnog ozračivanja anksioznost nije izražena.

Literatura

- /1/ Schachtel,E., and Fisher,W.F.: *Theories of Anxiety*, Harper and Row Publ. New York, 1970.
- /2/ Ivanović,B.: *Teorijska statistika*, Jugoslovenski Institut za ekonomski istraživanja, Beograd, 1966.
- /3/ Berdjis,Ch.C.: *Pathology of Irradiation*, The Williams and Wilkins Comp., Baltimore, 1971.
- /4/ Radotić,M.: *Radijaciona povreda čoveka*, IVMP, Beograd, 1966.

ANXIETY IN PROFESSIONAL IRRADIATION

By objectivisation of the symptoms of sympatheticony, this paper tries to answer the following questions: to what extent chronic professional exposure to ionizing radiation bears an influence on the vegetative nervous system with the exposed workers.

The symptoms of sympatheticony have been presented according to the table by Schachtel and the obtained results do not point out to the presence of the important vegetative failure.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10 - 13 juna 1985.

Mihajlov A.

NAFTA-GAS, NOVI SAD

NEKE KARAKTERISTIKE MORBIDITETA RADNIKA NAFTNE INDUSTRije
VOJVODINE KOJI RADE SA IZVORIMA JONIZUJUCIH ZRAČENJA

S a ž e t a k . Dat je pregled hroničnog morbiditeta i morbiditeta koji je za posledicu imao bolovanje radnika profesionalno eksponiranih jonizujućim zračenjima u naftnoj industriji Vojvodine. Na osnovu rezultata donet je zaključak da do sada nije otkriveno štetno dejstvo jonizujućih zračenja na zdravlje ove grupe radnika.

U v o d

Savremena industrijska proizvodnja i uvođenje novih tehnoloških metoda, svakodnevno opterećuju čovečanstvo novim štetnostima u radnoj i životnoj sredini. Primena izvora jonizujućih zračenja u savremenoj tehnologiji, obavezuje ne samo na rigoroznu primenu postojećih, već i na pronalaženju novih mera zaštite. Opasnost od ionizujućih zračenja utoliko je veća, jer ljudska čula nisu u stanju da ih registruju te da na taj način upozore čoveka. Današnje mogućnosti zaštite iako ne baš velike, daju nekakvu sigurnost za slobodniju primenu izvora zračenja. Međutim, činjenica je, da neke mere zaštite služe samo za prognoziranje opasnosti "post festum".

U naftnoj industriji Vojvodine, izvori jonizujućih zračenja prime- njuju se 20 godina. Radnici, koji sa njima rukuju izloženi su manjim dozama zračenja. Dugogodišnji rezultati lične dozimetrije ni- su pokazivali prekoračenje maksimalno dopuštenih doza, sem u dva slučaja, gde je registrovano minimalno prekoračenje.

M a t e r i j a l , c i l j i m e t o d a

Primenom epidemiološkog metoda rada praćeno je zdravstveno stanje radnika naftne industrije Vojvodine, koji rade sa izvorima zračenja. Korišćeni su rezultati periodičnih lekarskih pregleda*, uzroci bolovanja, mortaliteta kao i dugogodišnja lična zapažanja autora. Cilj ovog rada je da se na osnovu epidemiološkog praćenja celokupne zdravstvene problematike ove grupe radnika odgovori na pitanje: dali je do sada bilo štetnih posledica po zdravlje radnika koji rade sa izvorima zračenja u naftnoj industriji Vojvodine, koje se mogu otkriti primenom uobičajenih dijagnostičkih procedura za ovu vrstu poslova?

R e z u l t a t i i d i s k u s i j a

**PRIKAZ HRONIČNOG MORBIDITETA RADNIKA NAFTNE INDUSTRIJE
KOJI RADE SA IZVORIMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA**

Tabela br.1.

Red- ni broj	NAZIV GRUPE BOLESTI	Broj sluča- jeva	% od ukupnog broja ispitanika (41)
1.	2.	3.	4.
1.	Bolesti respiratornog sistema	39	95,12
2.	Bolesti nervnog sistema i organa čula	25	60,97
3.	Duševni poremećaji	18	43,90
4.	Bolesti mišićno-koštanog sistema	12	29,26
5.	Bolesti cirkulatornog sistema	11	26,82
6.	Bolesti digestivnog sistema	10	24,39
7.	Endokrine bolesti, bolesti ishrane i metabolizma	8	19,51
8.	Bolesti genitourinarnog sistema	4	9,75
9.	Bolesti krvi i krvotvornih organa	1	2,43
UKUPNO:		128	312,19

Iz prikazanih rezultata na tabeli broj 1, vidi se da u strukturi hroničnog morbiditeta naših ispitanika prvo mesto zauzimaju respiratorna oboljenja. Obzirom da ova grupa radnika radi na otvorenom

* / Periodične lekarske preglede obavlja Institut za nuklearne nauke "Boris Kirdić", Laboratorija za medicinsku zaštitu, Vinča

prostoru, ovakav raspored morbiditeta svakako je u vezi sa uslovima i načinom rada. Bolesti nervnog sistema i organa čula nalaze se na drugom a duševni poremećaji i bolesti mišićno koštanog sistema na trećem odnosno, četvrtom mestu oboljevanja, dok bolesti cirkulatornog sistema zauzimaju peto mesto. Samo jedan slučaj oboljenja krvi i krvotvornih organa mogao bi biti značajan u prognostičkom smislu da nije utvrđeno njegovo postojanje pre nego je pregledano lice počelo da radi sa izvorima zračenja. Radilo se o lakom smanjenju leukocita kao posledica smanjenog broja neutrofilnih granulocita. Svaki radnik u proseku ima po 3,12 dijagnoza.

Na tabeli broj 2 prikazani su uzroci otsustvovanja sa posla i broj izgubljenih radnih dana kod naših ispitanika.

**PRIKAZ UZROKA OTSUSTVOVANJA SA POSLA RADNIKA
KOJI RADE SA IZVORIMA ZRAČENJA**

Tabela br.2.

Redni broj	GRUPE BOLESTI	Broj slučaja	% izostanaka od ukupnog broja ispitnika (41)	Broj izgubljenih radnih dana
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Bolesti respiratornog sistema	11	26,82	59
2.	Bolesti genitourinarnog sistema	8	19,51	68
3.	Duševni poremećaji	5	12,19	29
4.	Bolesti digestivnog sistema	3	7,31	28
5.	Bolesti mišićno koštanog sistema	2	4,87	28
6.	Povrede	2	4,87	27
7.	Nedovoljno definisana stanja	1	2,44	11
8.	Kongenitalne anomalije	1	2,44	7
9.	Nega člana porodice	1	2,44	6
10.	Bolesti kože i potk. tkiva	1	2,44	1
UKUPNO:		35	85,36	264

Kao što se vidi iz prikazanih rezultata na tabeli broj 2, prvo mesto u strukturi uzroka bolovanja zauzimaju respiratorna oboljenja po broju slučajeva, dok se po broju izgubljenih radnih dana nalaze

na drugom mestu. Sledе bolesti genitourinarnog sistema pa duševni poremećaji, a na četvrtom i petom mestu su bolesti digestivnog sistema i mišićno-koštanog aparata.

U dvadesetogodišnjem periodu rada sa izvorima zračenja nije bilo malignih oboljenja. U tom periodu umrla su dva radnika od akutnog infarkta miokarda.

Morbiditet je nesumnjivo najvažniji pokazatelj zdravstvenog stanja stanovništva, a u ovom slučaju daje nam mogućnost da zaključujemo o dejstvu štetnih faktora radne sredine na zdravlje zaposlenih.

Nijedno oboljenje koje je utvrđeno kako pri periodičnim pregleđima, tako i u ambulantnoj praksi prilikom utvrđivanja privremene nesposobnosti za rad zbog bolesti, nije u uzročnoj vezi sa štetnim dejstvom ionizujućih zračenja. Dominira nespecifična patologija u smislu ekspozicije. Kakvog uticaja imaju ionizujuća zračenja na pojavu morbiditeta uopšte i koliko je njihovo učešće u nastanku nespecifične patologije, teško je reći. Možda će se, ko zna kad, oglasiti neka genetska poruka u organizmu budućih generacija, jer ova "nuklearna igra" može da izazove dalekosežne posledice.

A b s t r a c t

Morbidity of workers engaged in operation with the sources of ionizing radiation in the petroleum industry in Vojvodina is presented. It was found that the leading position on chronic morbidity belongs to the respiratory diseases and diseases of the nervous system and of sense organs. In the structure of causes of absenteeism, the leading diseases are those of the respiratory and urinary systems. No malignant diseases or diseases of blood and hematopoietic organs have been recorded over a twenty years' period.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI
OD ZRAČENJA, PULA 10-13. jun 1985.

Kljajić R., Horšić E., Milošević Z., Hasanbašić D., Vukotić Z.,
Ožegović T. Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo,
V. Putnika 134.

KOMPARACIJA KLINIČKIH SIMPTOMA AKUTNOG RADIJACIONOG
SINDROMA KOD POLULETALNO OZRAČENIH OVACA I KOZA

Rezime

U radu je dat komparativni prikaz kliničkih simptoma akutnog radijacionog sindroma (ARS) kod poluletalno ozračenih ovaca i koza.

Dobijeni rezultati ukazuju da su koze kao životinjska vrsta osjetljivije na djelovanje ionizujućih zračenja. Klinički simptomi kod koza vezani su pretežno za respiratorični a kod ovaca za gastro-intestinalni trakt.

U V O D

Radijacioni sindrom kod životinja predstavlja jedan od značajnih problema u oblasti animalne radiobiologije. Značaj istraživanja se ogleda u činjenici da se reakcije na radijacionu povredu i procjena oporavka kod velikih životinja mogu bolje koristiti u predviđanjima reakcija kod ljudi (1).

Ova ispitivanja, osim podataka koje pružaju za proučavanje radijaciono-higijenske ekspertize mesa u vanrednim prilikama, imaju veliki značaj za proučavanje djelovanja većih doza zračenja na čovjeka. Podaci iz literature govore da su rezultati dobiveni na ovčama i kožama kvalitativno uporedivi u pogledu praga za akumulaciju radijacionih povreda kod čovjeka (2,3).

Materijal i metode rada

Eksperimentom je obuhvaćeno 12 ovaca i 12 koza, starosti 1-3 godine i telesne težine od 25-37 kg. Sve životinje su ozračene poluletalnom dozom (2,5 Gy za koze i 3,7 Gy za ovce) 350 kV rendgen terapeutskim aparatom

i praćene u periodu od 30 dana. Homogenost doze u tijelu životinja kretala se unutar 20%.

Rezultati i diskusija

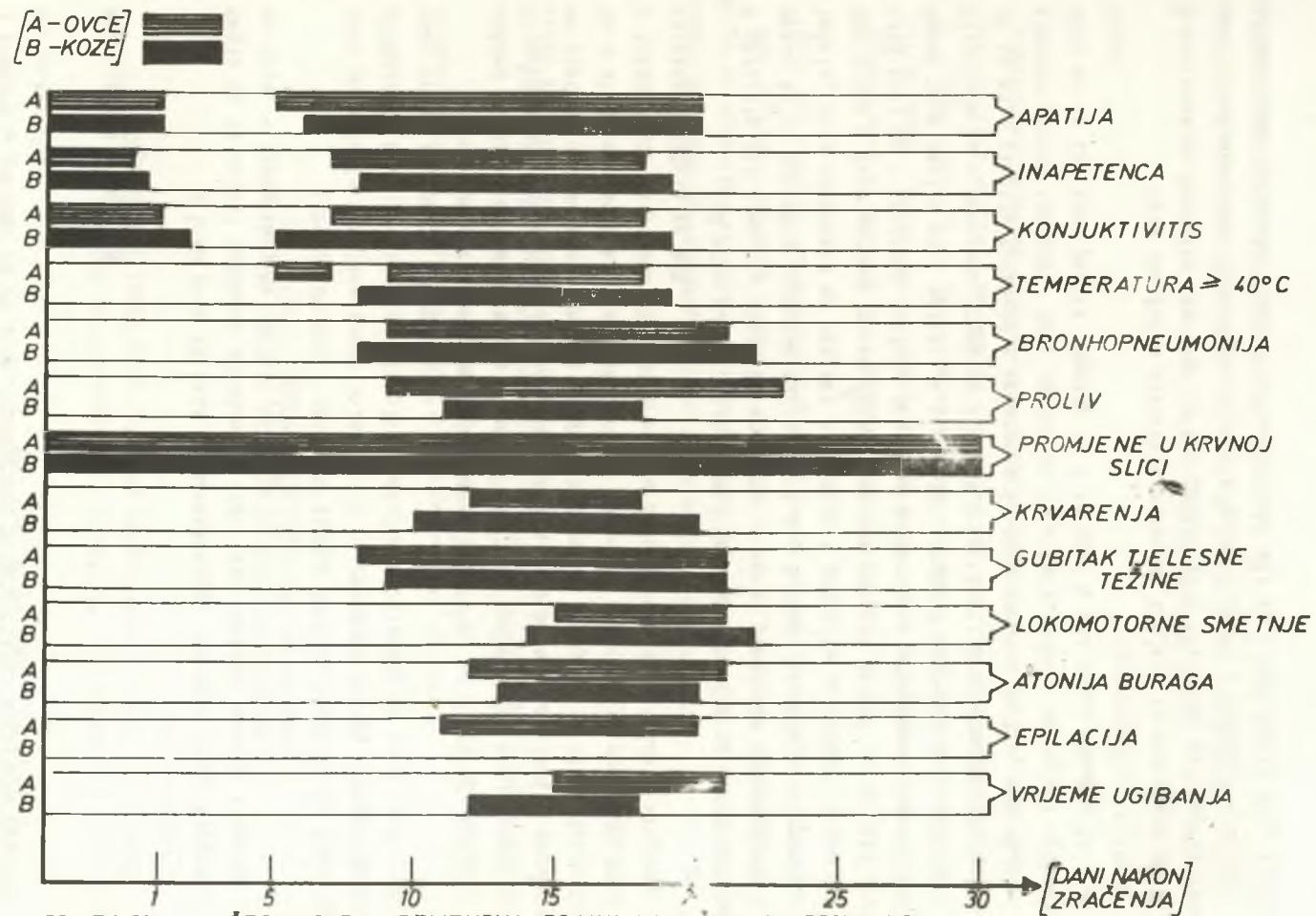
U toku prva 24 sata po ozračivanju, kod obje vrste životinja moglo su se uočiti neznatne promjene u vidu lake apatije, manjeg interesa za hranu i lakog konjuktivitisa. (grafikon 1.)

Izmedju drugog i petog do sedmog dana po ozračivanju životinje nisu pokazivale vidljive znake bolesti ili poremećenog opšteg stanja, izuzev promjena u krvnoj slici koje su bile značajne a ogledale su se u značajnom padu broja leukocita i trombocita.

Od petog odnosno sedmog dana javili su se znaci poremećenog opšteg stanja a ogledali su se u pojavi apatije, inapetence, konjuktivitisa i sporadičnog povećanja tjelesne temperature. Kod koza su se javile promjene na plućima u vidu pooštrenog disanja a kod ovaca promjene na digestivnom traktu u vidu smanjenih kontrakcija buraga. Navedeni simptomi su postepeno rasli u intenzitetu da bi oko 12 dana prešli u fazu izraženih kliničkih simptoma karakterističnih za ARS.

Kod koza su se javili znaci bronhopneumonije sa jakim kašljem i ubrzanim disanjem, te jakim krvarenjima iz nosa, povišenom temperaturom preko 40°C , gubitkom tjelesne težine za 1,5 - 2,5 kg. Životinje su pretežno ležale, nisu reagovale na vanjske nadražaje i prestale su uzimati hranu. Kod ovaca u ovom periodu pored oštih simptoma bolesti javili su se jaki prolivi koji su u kasnijem periodu prešli u profuzne sa primjesama sluzi i krvi. Pored toga javila se i epilacija u predjelu vrata i postrano na trbuhu a životinje su u prosjeku izgubile 2,5 - 3,5 kg. Znaci bronhopneumonije kod ovaca su bili slabije izraženi a krvarenja iz nosa se nisu javila, već samo sluzavo-gnojan iscijedak. Ovaj period je karakterističan i po pojavi ugibanja koja su se kod koza javila izmedju 12 i 18 dana a kod ovaca izmedju 15 i 21 dana.

Faza izraženih kliničkih simptoma trajala je kod ovaca do 23. a kod koza do 19. dana iža čega je kod preživjelih životinja uslijedila veoma spora faza oporavka. Životinje su počele uzimati hranu a navedeni klinički simptomi su postepeno slabili na intenzitetu ali se u potpunosti nisu izgubili



ni do kraja eksperimentalnog perioda što je naročito bilo izraženo u krvnoj slici i slabom gojidbenom stanju, te takoj ataksiji. Faza oporavka bila je nešto brža kod preživjelih koza u odnosu na ovce.

U cjelini gledano u pogledu kliničkih simptoma, njihove pojave stepena izraženosti i dužine trajanja nema bitnijih razlika izmedju ovaca i koza, osim što su dominantni klinički simptomi kod koza vezani za respiratori, a kod ovaca za gastrointestinalni sistem. Ovo je potvrđeno patoanatomskim nalazom kod uginulih i žrtvovanih životinja.

Z a k l j u č c i

Uporedjujući kliničke simptome u toku ARS-a kod poluletalno ozračenih ovaca i koza može se reći da nema značajnijih razlika u pogledu vremena pojave, stepena izraženosti i dužine trajanja simptoma bolesti kod ove dvije životinjske vrste. Izraženija razlika vezana je za pojavu dominantnih simptoma kod koza na respiratornom sistemu, a kod ovaca na digestivnom.

L i t e r a t u r a:

1. Johannsen U. et al:
Arch. exper. Vet. med., Leipzig, 32, 537, 1978.
2. Edmondson P.W., Batchelor A.L.:
Int. J. Radiat. Biol. 20, 3, 269, 1971.
3. Brown D.G. et al:
Amer. J. Vet. Res., 33, 309, 1972.

S u m m a r y

COMPARISON OF CLINICAL SYMPTOMS OF ACUTE RADIATION SYNDROME IN SEMI-LETHALLY IRRADIATED GOATS AND SHEEP

In the work described are comparatively the clinical symptoms of acute radiation syndrome (ARS) in semi-lethally irradiated sheep and goats. The obtained results indicate that goats, as a genus of animals, are more susceptible to high energetic x-irradiation, while there are no more significant differences in clinical symptoms between these two species.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13.06.1985.

Ivana Vučenik, P.Martinić, B.Vitale
Opća bolnica Split, Vojna bolnica Split,
Institut "Ruđer Bošković" Zagreb

AGREGABILNOST TROMBOCITA POD UTJECAJEM GAMA ZRAKA

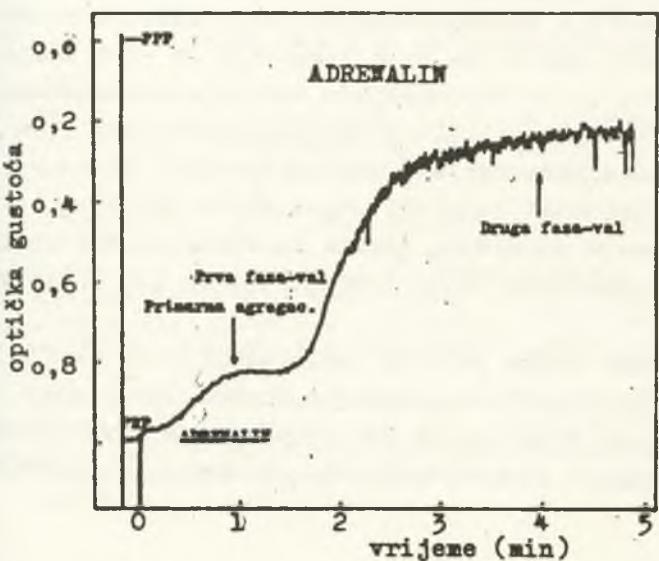
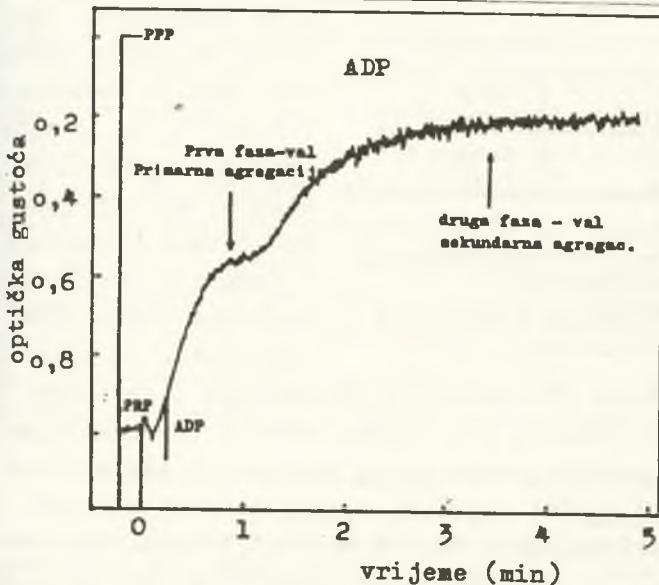
SAŽETAK: Ispitivali smo učinak gama zračenja na direktnu agregaciju trombocita i na reakciju otpuštanja. Gama zračenje mijenja trombocitnu funkciju. In vitro zračenje pune krvi (100,5000,1000 cGy) inhibira i aggregaciju trombocita i reakciju otpuštanja. U bolesnika, međutim, već u samom početku radioterapije dolazi do pojačane aggregabilnosti trombocita i reakcije otpuštanja.

Aktivacijom trombocita dolazi do kompleksnih promjena: u izgledu, adheziji, agregaciji trombocita i u reakciji otpuštanja. Aggregacija trombocita neophodna je u formiranju primarnog hemostatskog trombocitnog čepa i kasnije u stvaranju tromba. Druga važna mjera ponašanja trombocita jest reakcija otpuštanja-sekrecijski proces u kojem se različite supstance oslobođaju iz trombocitnih granula. Ključnu ulogu u svim fazama hemostaze ima membrana trombocita (1). Ugljikohidratima bogat omotač membrane trombocita sadrži specifične glikoproteine važne u procesima adhezije i agregacije (1). Fosfolipidna komponenta (PF_3) sudjeluje u unutarnjem putu koagulacije. Nakon aktivacije trombocita od fosfolipida membrane trombocita stvara se arahidonska kiselina od koje se dalje sintetiziraju prostaglandini, koji imaju važnu ulogu u funkciji trombocita (2).

Još uvijek se malo zna o biokemijskim procesima u trombocitima koji slijede nakon zračenja (3,4,5). Zato smo u ovom radu htjeli ispitati i usporediti aggregaciju trombocita i njihovu sposobnost otpuštanja endogenog ADP-a (adenozin difosfata) nakon njihovog ozračivanja iv vitro i u bolesnika podvrgnutih zračenju.

Krv zdravih davaoca sakupljenu s natrijevim citratom 0,11 M u omjeru 1:lo zračili smo s terapijskim izvorom ^{60}Co (THERATRON 80, Canada), koji emitira gama zrake s energetskim ekvivalentom od 1,17 MeV-a, s 100,500 i 1000 cGy i aggregaciju mjerili nakon 3 sata stajanja. Pokus smo ponavljali četiri puta i uvijek dobili iste rezultate. Mjerenje aggregacije trombocita izveli smo i u skupini lo bolesnica s karcinomom dojke u postoperativnom periodu nepos-

redno prije početka radioterapije i 3. dana nakon početka zračenja. Zračilo se lokalno operativni rez s dva tangencijalna polja u dnevnim dozama od 350 cGy. Uzorke plazma dobivali smo miješanjem 0,11 M natrijevog citrata i krvi u omjeru 1:10 i odmah obradivali. Centrifugiranjem pune krvi dobijali smo PRP (plazmu bogatu trombocitima). Agregaciju trombocita izvodili smo s 1.9 μ M ADP-om (Boehringer, Mannheim) i s 115 μ M adrenalinom u agregometru CHRONO-LOG 330 (Havertown, PA, USA) s balansirajućim jednokanalnim samopisačem CHRONO-LOG 702 prema Born-u (6). Broj trombocita bio je konstantan i podešen na $200 \times 10^9 / l$.



Agregometri su nefelometri modificirani tako da omogućuju mjenjanje promjene optičke gustoće suspenzije trombocita u uvjetima konstantne temperature i miješanja (37°C i 600 o/min). Pažljivo odabranom koncentracijom induktora agregacije dobili smo prvi val agregacije kao rezultat direktnе ili "primarne" agregacije, dok nam drugi val ili "sekundarna" agregacija predstavlja agregaciju vezanu uz reakciju otpuštanja endogenog ADP-a iz samih trombocita ("release-induced" aggregation). Titracijom smo pronašli koncentracije i ADP-a i adrenalina koje nam u svih normalnih osoba izazivaju prvi val i dopuštaju otpust trom-

bocitnog ADP-a. Na Slici 1. vidimo prikaz normalne krivulje agregacije s agensima ADP (gore) i adrenalinom (dolje) praćene kroz pet minuta.

In vitro ozračeni trombociti odgovaraju uglavnom sa smanjenom sposobnosti agregacije izazvane sa standardnim koncentracijama ADP-a i adrenalina (Tablica 1). Jednako se ponašaju trombociti

Tablica 1. In vitro agregacija trombocita s ADP-om i adrenalinom, ozračenih različitim dozama gama zraka

^{60}Co	ADP	Adrenalin
100 cGy	I faza - II faza -	I faza - II faza -
500 cGy	I faza ± II faza -	I faza - II faza -
1000 cGy	I faza - II faza -	I faza - II faza ±

- smanjena agregacija trombocita

± neznatno pojačana agregacija trombocita

ozračeni u punoj krvi ili u plazmi. Smanjena je također i indirektno mjerena reakcija otpuštanja. Nedavno su slične rezultate dobili Wachowicz i sur.(5) kod in vitro zračenja trombocita svinje, kod agregacije inducirane trombinom i u reakciji otpuštanja. Membrana trombocita

vjerojatno je primarno

mjesto radijacijske povrede što dovodi do poremećaja u aktivnom transportu i metabolizmu stanice (3). Prema Witas-u (7) zračenjem uzrokovana inhibicija reakcije trombocita, praćena je padom nivoa trombocitnog ATP-a. Ovaj proces korelira s metaboličkim stanjem stanice poznatim kao "adenylate energy charge" (5). Mehanizam kojim gama zračenje djeluje na agregabilnost trombocita vrlo je kompleksan. Ozračivanje vode ili vodenih otopina soli uzrokuje stvaranje različitih produkata radiolize koji reagiraju sa svim komponentama sistema. Pokazano je da ionizirajuće zračenje uzrokuje deorganiziranost lipoproteinske strukture bioloških membrana i da je razorna uloga pripisana hidroksilnim radikalima (8). Krinsky i sur. (4) opazili su da anionski radikali superoksida stvoreni tokom iradijacije vode nemaju direktnog efekta na funkciju trombocita, ali zato služe kao prekursori H_2O_2 koji je poznat kao inhibitor funkcije trombocita.

U bolesnika prvih dana nakon početka radioterapije situacija je drugačija (Tablica 2). Direktna agregacija trombocita s obaagensa znatno je pojačana. Reakcija na ADP pojačana je i apsolutno i u većeg broja bolesnika. I reakcija otpuštanja znatno je pojačana.

Tablica 2. Agregacija trombocita s ADP-om i adrenalinom u bolesnika 3. dana od početka radioterapije

ADP	Adrenalin
I faza + (70%)	I faza + (40%)
II faza + (90%)	II faza + (60%)
+ znatno pojačana agregacija trombocita	
% bolesnika s pojačanom agregacijom trombocita	

Steel i Catravax (9) pokazali su da izlaganje gama zrakama već nakon tri sata uzrokuje porast koncentracije različitih prostaglandina i trombokksana parenhimskog plućnog tkiva zamorčeta. U istom vremenskom periodu Trocha i Catravas (10) opazili su porast prostaglandina u štakorskoj jetri. Black i sur. (11)

vidjeli su da se velike količine arahidonske kiseline oslobođaju iz fosfolipida nakon zračenja. Mnogo je napisano i o ulozi trombokksana na agregabilnost trombocita (2). S druge strane pojačana inducirana agregacija trombocita može biti i rezultat plazmatskih faktora koji se javljaju nakon zračenja. Opažen je porast fibrinogena prvih dana iza početka zračenja, a fibrinogen je poznat kao kofaktor agregacije trombocita inducirane s ADP-om, što znači da bi pojačanu aggregabilnost mogli pripisati i hiperfibrinogenemiji. Upravo zato je ADP i bio jači induktor agregacije od adrenalina. Stoga bi bilo potrebno bolje ispitati koliko je pojačana aggregabilnost trombocita vezana uz povećanje koncentracije fibrinogena.

EFFECT OF GAMMA RADIATION ON PLATELET AGGREGATION

The effects of gamma radiation (^{60}Co source) on directly induced platelet aggregation and release reaction were studied. It was observed that gamma radiation modified platelet function. In vitro irradiation of whole human blood inhibited platelet aggregation and secretion, while during radiotherapy treatment an increase in aggregation and release reaction of platelets was found.

LITERATURA:

1. Hardisty,R.M.,Tobelem,G. Nouv.Rev.Fr.Hématol. 21:369,1979
2. Marcus,A.J. Prog.Hematol. 9:147,1979
3. Kotelba-Witkowska,B.,Duda,W.,Witas,H.,Leyko,W. Acta Physiol. Pol 30:131,1979
4. Krinsky,N.J.,Sladdin,D.G.,Levine,P.H.,Taub,P.H.,Simic,M.G. Thromb.Haemostasis 45:116,1981
5. Wachowicz,B.,Krajewski,T.,Wodzinowska,B.,Reliszka,L. Environ.Res. 34:1,1984
6. Born,G.V.R.,Cros,N.J. J.Physiol. 168:178,1963
7. Witas,H.,Duda,W.,Kotelba-Witkowska,B.,Leyko,W. Radiat.Environ. Biophys. 14:317,1977
8. Helszer,Z.,Jóźwiak,Z.,Leyko,W. Experientia 36:521,1980
9. Steel,L.K.,Catravas,G.N. Int.J.Radiat.Biol. 42:517,1982
10. Trocha,F.J.,Catravas,G.N. Int.J.Radiat.Biol. 38:503,1980
11. Black,A.K.,Fincham,N.nCreaves,N.W.,Hensby,C.N. Br.J.Clin. Pharmacol. 10:453,1980

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Deanović Ž.

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

MEDICINSKI ASPEKT ZAŠTITE OD ZRAČENJA PRI USVAJANJU
NUKLEARNO-ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

Sažetak: Dan je pregled naših akcija i priprema kako bi i specifična zdravstvena zaštita išla u korak s našim naporima za usvajanje nuklearno-energetske tehnologije. Konstatirano je što je do sada pokrenuto i gdje se u toj oblasti zaštite danas nalazimo; pri tome je pokazano da ni po broju stručnjaka ni po njihovoj opremljenosti, danas - a pogotovo sutra - nećemo moći zadovoljiti realne potrebe naše zemlje u pogledu specifične zaštite zdravlja koja je nužna pri usvajanju te nove tehnologije.

Nije mi namjera ovdje ponavljati sve što je bilo s naše strane ranije izneseno o problemima specifične zdravstvene zaštite u vezi s izgradnjom i puštanjem u rad naše prve i sljedećih nuklearnih elektrana^(1,2,3). Podsjetio bih jedino na moju diskusiju "za okruglim stolom" na savjetovanju u Čateškim toplicama (1980), koja nije nigdje zabilježena, a uglavnom je glasila ovako:

"Uvođenje nuklearno-energetskih postrojenja u nas treba da povuče naprijed ne samo našu tehnologiju nego i nužnu infrastrukturu. Među te neophodne prateće djelatnosti spada i zaštita zdravlja odnosno njen preventivni i kurativni dio. Mora se priznati da su do sada, i u SR Sloveniji i u SR Hrvatskoj, zdravstveni radnici i forumi bili nedovoljno uključeni u rješavanje tih vitalnih pitanja sigurnosti ljudi u svakoj situaciji koja može nastati puštanjem u rad nuklearne elektrane (NE). Nadalje, moramo konstatirati:

1. da je naša zdravstvena preventiva i medicina rada povezana s nuklearnim postrojenjima nedostatno razvijena, a da se ni ono što imamo ne koristi dovoljno ni smišljeno;

2. da naši klinički centri, a kamo li regionalne bolnice, danas nisu spremni da se uspješno upuste u tretman unesrećenih u mogućem nuklearnom akcidentu.

Obje ove zdravstvene djelatnosti treba čim prije dobro organizirati i osnažiti adekvatnim kadrom i opremom. U tim pitanjima od šireg društvenog značaja, ne bi smjeli interesi pojedinih organizacija ili institucija biti zapreka boljoj suradnji. Jer i naše moralne i zakonske obveze u tom pogledu - kao i obveze iz međunarodnih konvencija - svakako to zahtijevaju.

Zadaci koji još stoje pred nama brojni su i raznovrsni, a stručnjaka, sredstava i vremena je malo! Jedino koordinacijom snaga i koncentracijom sredstava iz raznih resora i izvora moglo bi se još nadoknaditi propušteno. Jasno je da se investitorima ne može sav teret "infrastrukture" baciti na leđa. Stoga bih predložio da s ovog savjetovanja uputimo apel republičkim Komisijama za nuklearnu energiju da troškove specifične zaštite zdravlja - kako zaposlenih u NE Krško tako i okolnog stanovništva - međusobno podijele (elektro)privreda, zdravstvo, narodna obrana odnosno Civilna zaštita i SIZ-ovi za znanost - obiju republiku. Svaki od navedenih "resora" ima mnogo razloga da podupre takvu inicijativu, i to na svoj specifičan način:

- Zdravstvo bi trebalo osigurati adekvatan prostor i nužne kadrove;
- Elektroprivreda bi preuzeila nabavu i održavanje specijalne "teške" opreme (npr. sterilne jedinice, brojilo za cijelo tijelo) te krupnih uređaja (npr. za sterilizaciju ili filtraciju zraka, za dekontaminaciju unesrećenih i dr.);
- Civilna zaštita morala bi pomoći s pokretnom opremom kao što su monitori i dozimetrijski kompleti, sredstva za fizičku i kemijsku zaštitu te vanjsku dekontaminaciju;
- SIZ-ovi za znanost i usmjereno obrazovanje valjalo bi da omoguće izobrazbu i specijalizaciju kadrova, znanstvena istraživanja,

izradu studija, kao i održavanje znanstveno-stručnih skupova.

Sve to lijepo zvuči, no kako kompetencije, zadatke i odgovornosti pojedinih organa uprave i interesnih zajednica povezati i uskladiti na republičkoj i međurepubličkoj razini? Mi taj samoupravni mehanizam društvenog dogovaranja zapravo imamo, treba ga samo razraditi i primijeniti! Želimo apelirati na društveno-političke zajednice, udruženi rad i organe uprave da u tom pravcu hitno i efikasno djeluju u interesu cijele naše jugoslavenske zajednice."

Očito je da smo tokom proteklih 5 godina od navedenog apela uspjeli svi zajedno pokrenuti dosta bitnih stvari. To se u prvome redu tiče upoznavanja, pa donekle i usvajanja, nuklearne tehnologije. Kao dokazi, neka posluže neke činjenice: uspješno je proradila i radi NE Krško; uveden je studij nuklearne energetike na nekim našim sveučilištima, a u formiranju je Obrazovni centar za nuklearne inženjere i operatore u Ljubljani; bilo je više naših ljudi na specijalizaciji ili studijskim putovanjima usmjerenim na nuklearno-energetsку problematiku; naša stručna društva (u par republika) organizala su sastanke i savjetovanja o raznim aspektima nuklearne energetike; dobili smo i dva republička zakona o mjerama za zaštitu od zračenja i sigurnost nuklearnih objekata i postrojenja (SR Slovenija i SR Hrvatska), a pod kraj 1984. god. konačno je donesen novi savezni zakon koji, osim materije zaštite od zračenja, sadrži i potrebne mјere sigurnosti pri korištenju nuklearne energije; na kontroli i monitoringu ispuštanja radionuklida u okolicu, a napose nizvodno od NE Krško, u proteklom je periodu mnogo rađeno; nadalje, uspjelo je postići bar načelni društveni dogovor oko centralnog odlaganja radioaktivnog otpada i osnovana je poslovna zajednica institutā zvana NUKLIN koja izdaje redovito svoj časopis "Nuklearna tehnologija"; radovi na utvrđivanju lokacije NE u Hrvatskoj uznapredovali su kao i izrada "tendera" uz raspisivanje međunarodnog natječaja; na pomolu

je međurepubličko-pokrajinski projekt "Program ovladavanja tehnologijama nuklearnog gorivnog ciklusa".

Sigurno je da nisam uspio nabrojiti sve bitne akcije u vezi s našim nastojanjima ka usvajanju nuklearne tehnologije. To mi ovdje i nije bio cilj jer moja je namjera prije svega da vam prikažem što smo do sada postigli u pogledu specifične zdravstvene zaštite ili tzv. medicinskog aspekta zaštite od zračenja, dakako i opet u odnosu na naš nuklearno-energetski program. No ponajprije moramo uglatiti neke temeljne postavke.

Ako se složimo da je nuklearno-energetski program neminovnost u koju - zbog "gladi" za energijom - treba poći i naša zemlja, onda se i neke nužne prateće djelatnosti moraju za to na vrijeme pripremiti. Briga o zaštiti zdravlja kako onih koji će raditi u takvim postrojenjima tako i okolnog stanovništva, ne smije pasti u drugi plan, pogotovo ne u našem socijalističkom društvu.

Vjerodostojne analize pokazuju da su suvremena nuklearno-energetska postrojenja sigurnija i manje štetna za ljude i okoliš od elektrana na fosilna goriva⁽⁴⁾ - dakako pod pretpostavkom da su u pravim rukama i da sve funkcioniра kako treba. Dosad registrirane reaktorske nezgode u kojima je bilo ljudskih žrtava, mogu se svesti na svega pet akcidenata s premašenjem kritičnosti i to na malim eksperimentalnim reaktorima "nulte" snage (Los Alamos 1958, Vinča 1958, Rhode Island 1964, Mol 1965 i Buenos Aires 1983). Iako je broj žrtava u tim ozbiljnim nezgodama bio mali (ukupno 6 podleglih), naročit je oprez potpuno opravdan jer ima činilaca i u nuklearnoj tehnologiji koje je teško ili čak nemoguće kontrolirati (npr. "umor materijala", "ljudski faktor", elementarne katastrofe, ratni sukobi, diverzije i dr.). Međutim, značajna je činjenica da su sve navedene nesreće

s prekoračenjem kritičnosti reaktora bile posljedica eksperimentiranja ili napažnje pojedinaca, a to se vrlo teško može dogoditi u višestruko kontroliranim i automatiziranim pogonima nuklearnih elektrana (ima ih danas u svijetu preko 350).

Iako se rizik pri izgradnji i korištenju velikih nuklearno-energetskih postrojenja realno ne može svesti na nulu, treba sve poduzeti da vjerojatnost prave nesreće bude toliko mala da je za radnike i okolno stanovništvo prihvatljiva. Valja, prije svega, planirati i provoditi sve preventivne mjere koje će onemogućavati takve nesreće, no isto tako treba se za svaki slučaj pripremiti i sposobiti za ublaženje posljedica čak i najgore moguće situacije.

Širi pojam specifične zaštite zdravlja - i profesionalaca u nuklearnim postrojenjima i stanovnika u okolnoj zoni - obuhvaća tri osnovne oblasti, od kojih svaka ima svoj regularni i svoj akcidentalni vid aktivnosti; to su: zdravstvena fizika, zaštita okoliša i medicinski aspekti (preventiva, kurativa, organizacija i taktika). Sve ove nužne prateće djelatnosti treba da se odvijaju tokom svih faza izgradnje, rada i raspremanja nekog nuklearno-energetskog objekta. Što više, već u planiranju potreba valja u finansijskoj konstrukciji predvidjeti dio sredstava nužnih za ostvarenje te kompleksne zaštite.

Ako podemo u analizu našeg stanja u medicinskoj preventivi i medicini rada oko specifičnih postrojenja kao što su reaktori na nuklearno gorivo, moramo prije svega spomenuti napore i uspjehe kolega u IBK - Vinča, koji su, nakon akcidenta 1958.god., razvili kompletну medicinsku službu za ranu dijagnostiku oštećenja zračenjem, za otkrivanje unutrašnje kontaminacije radionuklidima te za hitne intervencije u slučaju radijacijskih nezgoda.⁽⁵⁾ Na žalost, u tom velikom multidisciplinarnom institutu oni danas teško navlače kraj s krajem jer su,

kao mala izdvojena jedinica na vlastitom privrednom računu, zapravo prepušteni sami sebi.

Potrebe NE Krško iz oblasti preventive i medicine rada "pokriva" lokalni liječnik-specijalist medicine rada s dopunskim tečajem u Obrazovnom centru IRK-Vinča; on surađuje sa službom zdravstvene fizičke elektrane, a dijelom se naslanja na Institut za medicinu rada u Ljubljani dijelom na Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. Što se tiče razvijanja i sistematske primjene tzv. biološke dozimetrije, naročito pomoću praćenja kromosomskih aberacija, mislim da se do sada u nas praktički najdalje došlo u Zagrebu gdje je uz tehničku pomoć MAAE (IAEA) osposobljen Laboratorij za mutagenezu (u sklopu Instituta za medicinska istraživanja); taj Laboratorij uključen je i u međunarodni interkomparacijski program.⁽⁶⁾

U oblast preventive spada i kemijska profilaksa tabletama Kalijevog jodida (KI); to sredstvo za zaštitu štitnjače od ispuštenog radiojoda u slučaju teže havarije na reaktoru, stavila je u promet ljubljanska tvornica "Lek". Oko načina primjene, mesta deponiranja i mogućnosti brze distribucije tih tableta, održano je nekoliko savjetovanja u neposredno zainteresiranim republikama.

Raspolaganje tabletama KI zapravo već spada u medicinsku pravnost za slučaj neke teške radijacijske nezgode. A kako smo se za razne medicinske intervencije u slučaju akcidenta te vrste općenito pripremili? Imajući pred očima raznovrsnost radijacijskih ozljeda do kojih može doći prilikom svake ozbiljnije radijacijske nezgode, razradili smo ideju kako se i u maloj zemlji u razvoju može na radionallan način organizirati prihvata, obrada i liječenje osoba zahvaćenih radijacijom, radioaktivnom kontaminacijom ili kombiniranim ozljedama⁽⁷⁾. S obzirom na specifičan položaj grada Zagreba u odnosu na sadašnju i buduću NE, te na postojeće prodore ka visokodiferenciranoj medicini naročito u Kliničkom bolničkom centru - Rebro, kao i na relevantno

usmjerenje unutar dvaju istraživačkih institutâ u tom gradu, izradili smo projekt Zagrebačkog centra za radijacijske ozljede. O njemu je bilo referirano i raspravljanu na XIX Jugosl. sastanku za nuklearnu medicinu (Zadar, 1984)⁽⁸⁾.

Da se nije ostalo samo na papiru, svjedoči činjenica da je pri završetku izgradnja i unutrašnje uređenje Dijagnostičko-trijažne jedinice za radijacijske ozljede koja već raspolaže svojim stacionarom; ta jedinica jest ekstenzija Zavoda za nuklearnu medicinu - Rebro, a predstavlja najspecifičniji dio cijelog Centra. Kao virtualni dio tog Centra, već radi Odsjek za transplantaciju koštane srži (u sastavu Klinike za unutrašnje bolesti KBC - Rebro) gdje multidisciplinarni tim uspješno intervenira u slučajevima teške aplazije koštane srži zahvaljujući, između ostalog, i naročito razvijenoj metodologiji tipizacije tkiva. Odsjeci za traumatologiju i za suvremeno liječenje opeklina također su funkcionalni dijelovi Centra, iako pripadaju Kirurškoj klinici KBC - Rebro; navedeni odsjeci moraju biti spremni za obradu mogućih kontaminiranih rana ili opeklina. Razrađujući idejni projekt takovog Centra, namijenili smo mu tri glavna zadatka: (1) spremnost za prihvrat, obradu i suvremeno liječenje svih tipova radijacijskih ozljeda, (2) specifično dopunsko obrazovanje raznih profila radnika u zdravstvu i (3) znanstveno-istraživački rad na problemima medicinske pripravnosti za slučaj radijacijskih nezgoda ili nuklearnih udesa. Da li će se u potpunosti ostvariti naše zamisli, ovisit će ne samo o ljudima koji su se okupili oko tog projekta nego dobrim dijelom i o stavu i potpori naše šire društvene zajednice.

Ovim nabrajanjem do sada postignutog moglo bi se steći dojam da sve ide dobro, glatko i po planu. Međutim, za sve vidove medicinske zaštite povezane s nuklearnom tehnologijom treba na žalost konstatirati da su na repu našeg nuklearnotehnološkog stasanja tj. da

ne prate ni kadrovski ni organizaciono krupne promjene i novine što ih donosi sa sobom ulazak naše zemlje u nuklearno-energetsku eru. Nalazimo se pred neminovnom smjenom generacija: odlaze svjedoci kataklizme Hirošime i Nagasakija kao i nesagledivih posljedica poslijeratnih test-ekspolozija; to je bila generacija koja je unatoč tih teških dojmova i oskudnih uvjeta u poslijeratnoj obnovi zemlje, nastojala s entuzijazmom usvajati i širiti u nas znanja iz tzv. nuklearnih znanosti, uključivo radiobiologije i raznih aspekata zaštite od zračenja. Naročito u razdoblju od 1960. do 1970. godine živo su se takmičila, i u mnogo čemu probijala ka svjetskim vrhovima, tri naša nuklearna instituta popraćena još nekim. No postepeno su se kadrovi osipali a oprema zastarijevala, jer je – naročito u godinama detanta – u nas splasnuo interes za te struke uslijed izostanka sestrane podrške društva.

Kad je ponovno postalo jasno da se i naša zemlja treba šire uključiti u raznovrsne korisne primjene nuklearne energije, a s druge strane da iz obrambenih razloga mora budno pratiti razvoj i moguće učinke novog neutronskog oružja "male" snage – pokušalo se ponovno podstaknuti nuklearne znanosti u širem smislu. Naša nastojanja da opet ožive multidisciplinarni timovi za rješavanje složenih problema radijacijске patologije, rane dijagnostike oštećenja zračenjem te raznih aspekata medicinske zaštite – bila su samo djelomično uspješna jer je sve više dolazila do izražaja nestošica "full-time" radnika na tim područjima kao i njihova neadekvatna opremljenost. Nekoliko prijedloga da se po smisljenom planu šalje mlade ljude na ciljane specijalizacije u vodeće svjetske centre za radiopatologiju i medicinsku zaštitu – nije se ostvarilo. Mladi asistenti nisu bili ničim motivirani da se hvataju u koštarac s takvom "nezahvalnom" problematikom kakvu bi najrade napustili jer danas nismo opremljeni za nove pristupe i suvremena istraživanja u toj oblasti. I tako dolazimo do apsurda da, iako znamo

kakve su nam rastuće potrebe i obveze dan-danas i sutra, nemamo - niti ćemo u skoroj budućnosti imati - dovoljno snaga (tj. stručnjaka) ni sredstava (tj. odgovarajuće opreme) za izvršenje ranije opisanih zadataka iz područja specifične zdravstvene zaštite povezane s nuklearnom tehnologijom. Bez planskog i dugoročnog ulaganja s jedne strane u obrazovanje specijaliziranih kadrova, a s druge strane u modernizaciju opreme naših "nuklearnih" institucija, ne može se očekivati naše osamostaljenje ni u kom pravcu.

Abstract

MEDICAL ASPECT OF RADIATION PROTECTION CONNECTED WITH THE ADOPTION OF NUCLEAR-POWER TECHNOLOGY

A review is given of our activities and preparations for the specific health-protection which must follow our efforts in the adoption of nuclear-power technology. It is described what we have undertaken up to now and in which situation we are today in this domain of radiation protection. It is pointed out that neither the number of relevant experts nor adequate equipment are sufficient to respond to the present and especially to the future demands for the specific health-protection indispensable to follow the adoption of this new technology.

Literatura

1. Deanović, Ž.: u "Zbornik del posavetovanja Jedrske elektrarne in zaštita pred sevanji", JDZZ-Institut "Jožef Stefan", Čateške toplice, 1980, str. 211.
2. Deanović, Ž. i sur.: Tretman radijacijskih i kombiniranih ozljeda osoblja Nuklearne elektrane Krško, Institut "R.Bošković", Zagreb, 1981, (studija, 60 strana)
3. Deanović, Ž. i Petramović, D.: u "Zbornik na trudovi XII Jugosl. simp. za zaštitu od zračenje", JDZZ, Ohrid, 1983, str. 41.
4. Terrill, J.G. et al.: Indust. Med. Surgery, 36 (1967) 412.
5. Bojović, P., Đukić, Z., Mitrović, S.: u "Handling of Radiation Accidents", IAEA, Vienna, 1969, str. 483.
6. Horvat, Đ.: Arh. hig. rada i toksikol., 30 (1979) 197.
7. Deanović, Ž., Boranić, M., Vitale, B.: u "The Medical Basis for Radiat. Accident Preparedness" (K.F. Hübner and S.A. Fry, eds), Elsevier North-Holland, New York, 1980, str. 513.
8. Deanović, Ž. i Šimonović, I.: Radiol. Jugosl. (u tisku).

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Stojanov, D., Dujmović, M., Lovasiš, I., Švalba, B., Jonjić, A.,
Jelušić, L., Budiselić, B., Rubinić, M., Vukelić, M., Matejčić, M.

Klinički bolnički centar, Rijeka
Medicinski fakultet, Rijeka

OZRAČENOST BOLESNIKA TIJEKOM RADIOLOŠKIH PRETRAGA U DIJAGNOSTICI

Sažetak

U radu se ukazuje na nekontroliranost izlaganja bolesnika rendgenskom ozračenju tijekom dijagnostičkih postupaka, i ističe činjenica zastrašujućeg porasta broja radioloških pretraga bez medicinske indikacije. Izvršena je analiza rendgenoloških pregleda 983.289 bolesnika u periodu od 1975.-1985. godine. Ukupan broj negativnih nalaza utvrdjen je u 739.258 (75,2 %) ispitanika, što mora izazvati zabrinutost zdravstvene službe.

Uvod

Ionizirajuća zračenja djeluju na fundamentalne životne procese, a biološke posljedice toga djelovanja mogu biti različite. Živi svijet je tijekom evolucije bio izložen stalnom djelovanju kosmičkog zračenja, pa se smatra, da su ta zračenja bila značajan faktor u evoluciji živih organizama. Čovjek je i danas izložen djelovanju zračenja, kako iz prirodnih izvora, tako i djelovanju zračenja koje se primjenjuje u dijagnostičke i terapijske svrhe. Efekat zračenja je izučavan na subcelularnoj i celularnoj razini, te u jednostaničnih i višestaničnih organizama. No, i pored mnoštva podataka, mehanizmi djelovanja zračenja još uvijek nisu do kraja razjašnjeni.

Koliko god statistike potvrđuju povećanje broja dijagnostičkih pretraga pomoću ozračivanja, pravu zabrinutost izazivaju nove spoznaje o opasno-

stima i posljedicama rendgenskog zračenja, jer niti jedno radiološko snimanje, pa i ono najkraće i s najnižim intenzitetom zraka nije bezazleno! Neupućenost i neznanje o štetnosti zračenja, makar je ona poznata gotovo od samog otkrića X-zraka, u praksi se vidi u nedovoljnoj, a često nikakvoj zaštiti bolesnika za vrijeme radioloških pregleda (1, 2, 3, 4, 6).

Cilj ovog rada je da ukaže na nekontroliranost izlaganja bolesnika ionizirajućem ozračenju tijekom dijagnostičkih postupaka i da istakne činjenicu zastrašujućeg porasta broja radioloških pretraga bez medicinske indikacije. Činjenice, koje su na žalost našim medicinskim krugovima i na našim medicinskim fakultetima još uvijek nedovoljno poznate i prihvaćene.

Materijal i metoda

Izvršena je analiza radioloških dijagnostičkih pretraga obavljenih u Zavodu za radiologiju Kliničkog bolničkog centra Rijeka, u periodu od 1975.-1985. godine. U tom desetljeću, raznim radiološkim metodama, pregledano je ukupno 983.289 bolesnika svih dobnih skupina, od dojenačke dobi do visoke starosti. U tom razdoblju učinjeno je 2.849.638 eksposicija u 14 dijagnostičkih sala, opremljenih elektronskim pojačalima i televizijskim lancima. Izvršena je analiza pretraga bolesnika iz primarne i sekundarne zdravstvene zaštite. Radiološke dijagnostičke pretrage su svrstane u četiri grupe:

- 1) Pregledi digestivnog kanala (jednjak, želudac, tanko i debelo crijevo) 135.418 bolesnika;
- 2) Angiografske pretrage (sve arteriografije, od perifernih do koronarnih, sve flebografije) 9.061 bolesnika;
- 3) Ostale pretrage uz dijaskopiju (histerosalpingografije, retrogradne ureteropijelografije, uretrocistografije, bronhografije, ERCP, PTH i druge) 11.248 pacijenata;

4) Rendgenološka snimanja (bez dijaskopije) 827.561 ispitanika.

Prva grupa je podijeljena u dvije podgrupe:

a) pregledi digestivnog kanala 93.970 bolesnika u polikliničkoj radiološkoj službi;

b) pregledi probavne cijevi 41.449 hospitaliziranih ispitanika.

Svi nalazi rendgenoloških dijagnostičkih pretraga su uvršteni u dvije grupe (tabl. 1):

1) negativni (bez nalaza patoloških promjena);

2) pozitivni (utvrdjene patološke promjene).

Tablica 1

Raspodjela bolesnika prema radiološkim pretragama s brojčanim pokazateljima pozitivnih i negativnih nalaza

Radiološke pretrage	Pozitivan nalaz	Negativan nalaz	Svega
1. Probavni kanal			
- Poliklinički	17.731/18,9 %	76.239/81,1 %	93.970/100,0 %
- Bolnički	9.397/22,7 %	32.052/77,3 %	41.449/100,0 %
2. Anginografije	5.584/61,6 %	3.478/38,4 %	9.061/100,0 %
3. Ostali pregledi uz dijaskopiju	5.127/45,6 %	6.121/54,4 %	11.248/100,0 %
4. Pregledi bez dijaskopije	206.193/24,9 %	621.368/75,1 %	827.561/100,0 %
U k u p n o :	244.031(24,8 %)	739.258(75,2 %)	983.289(100,0 %)

Rezultati i rasprava

Iz analize ispitivanog materijala proizlazi da je 739.258 bolesnika, ili 75,2 % od ukupnog broja ispitanika, izloženo ionizirajućem zračenju bez medicinske indikacije. Pregledi probavnih organa bolesnika u polikliničkoj službi pokazuju u 81,1 % negativan nalaz, a nije bolje ni u bolničkom materijalu (77,3 %), gdje bi indikacije morale biti mnogo selektivnije. Pretrage iz druge i treće grupe pokazuju značajno veće postotke

pozitivnih nalaza (61,6 % i 45,6 %), što ukazuje na činjenicu da se na složene i završne dijagnostičke preglede upućuje s mnogo više kritičnosti. Gotovo je pravilo da se pacijenti, kako iz primarne, tako i sekundarne zdravstvene zaštite u dijagnostičkom postupku odmah upućuje na radiološke pretrage, umjesto da je to na kraju. Neri-jetko, iako je dijagnoza postavljena drugim neradiološkim metodama, ipak se bolesnik upućuje na rendgen! Konstantan rast broja radioloških pretraga u našem materijalu je prisutan i u odnosu na 1979.g je 4 puta veći, što je više od republičkog prosjeka u Hrvatskoj (5). Iz rezultata našeg istraživanja proizlazi: da je ogroman broj bolesnika (739.258 ili 75,2 %) nepotrebno i neodgovorno izložen ionizirajućem ozračenju tijekom dijagnostičkih postupaka; da se nepotrebno opterećuju izuzetno skupa radiološka aparatura i oprema, kao i radiološki kadar; da je neophodna drugačija edukacija medicinskih kadrova i efikasnija zdravstvena pro-tečenost pučanstva.

Abstract

The paper is pointing out the uncontrolled patient exposure to X-rays for diagnostic procedures. The frightening increase of radiological procedures without medical indication is underlined, from 1975 to 1985. The authors analized 983.289 X-ray investigations. The total of 739.258 (75,2%) unnecessarily exposed patients was found. Public health offices should strongly consider this situation.

Literatura

1. Ivančević,D., Burić,A., Gadža,A., Marjetić,C., Marjanović,D.: Bilten Akademije ZLH, 12 (1979) 91.
2. Kanazir,T.D.: Prog. Nucleic Acid Res Mol Biology, 9 (1969) 117.
3. Kanazir,T.D.: Radiol. Jugosl., 6 (1972) 11.
4. Kaplan,S.H.: Proc. Natl. Acad. Sci. U.S. 55 (1966) 1442.
5. Katunarić,D., Pavleković,K., Srdar,B., Tomeković,M.: Radiol. Jugosl., 14 (1980) 531.
6. Luetić,J.: Nedjeljna Dalmacija, 27. siječnja (1985) 21.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA.

Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Radovanović R.^x, Simonović Jelena^x, Minevski Z.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd
x/ Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta Beograd

**PROCENA OPRAVDANOSTI SISTEMATSKEG RENDGENDIJAGNOSTIČKOG
ISPITIVANJA PLUĆA STANOVNIKA BEOGRADA**

REZIME Sistematskom snimanju pluća koje se obavlja jedanput u dve godine podležu svi stanovnici. Doze zračenja kojima se pri snimanju izlažu zavise od njihove konstitucije i uslova pod kojima se snimanje izvodi. Srednja izmerena vrednost iznosi 2,63 mGy po snimku, najniža vrednost 1,29 mGy, a najviša 6,16 mGy po snimku. Prema podacima iz 1983. godine akcijom je bilo obuhvaćeno 312.058 stanovnika Beograda. Odkriveno je 94 slučaja novo nepoznate aktivne tuberkuloze na 100.000 snimljenih stanovnika.

Sistematska snimanja pluća stanovništva na području Beograda obavljaju se organizovano od 1960. godine. Sprovodjenje ove akcije povereno je jednoj zdravstvenoj radnoj organizaciji koja raspolaže sa 4 pokretne ekipe. Uporedo sa ovim snimanjem koje se izvodi na terenu, u još 4 radne organizacije vrši se sistematsko "ciljano" snimanje pluća određenih grupa stanovnika. Sistematskim snimanjem pluća ne dobijaju se samo podaci o tuberkulozi disajnih organa, već se otkrivaju i nespecifična obolenja kao i druga akutna i hronička obolenja respiratornog sistema. Pored ovih otkrivaju se i obolenja srca, velikih krvnih sudova toraksa kao i deformiteti kičmenog stuba.

U toku 1983. godine ukupno je snimljeno 312.058 stanovnika. Oko 5% snimljenih stanovnika pozvano je na ponovno snimanje zbog sumnje na obolenja respiratornih organa. Akcijom je otkriveno 94 slučaja novo nepoznate aktivne tuberkuloze disajnih organa, odnosno 107 slučajeva malignih i benignih tumora na 100.000 snimljenih stanovnika. Ukoliko se posmatranjem obuhvate i druga nespecifična obolenja, tada je ukupan broj otkrivenih slučajeva daleko veći.

Pokretne ekipe opremljene su novim dvopulsnim generatorima X zračenja. Doze zračenja kojima se izlažu stanovnici pri snimanju pluća ovim aparatima odredjene su TL dozimetrima $MgB_4O_7:Dy$.

Kako se snimanje obavlja uz automatsko određivanje vremena ekspozicije, koje zavisi od konstitucije osobe koja se snima, to nismo bili u mogućnosti da pratimo sve parametre snimanja, već samo vrednost visokog napona, koji je iznosio 80 kV. Merenjem je bilo obuhvaćeno 50 osoba različite konstitucije.

Srednja izmerena vrednost doze zračenja kojom se ozračuje grudni koš osobe koja se snima iznosila je 2,63 mGy po snimku. Međutim, uočene su vrlo velike razlike izmedju pojedinih izmerenih vrednosti, koje su poticale jedino od fizičke gradje osoba koje su bile snimane. Najniža izmerena vrednost iznosila je 1,29mGy, a najviša 6,16 mGy po snimku.

Pri sprovodjenju dijagnostičkih procedura pacijenti se izlažu ionizujućem zračenju, što za sobom povlači određeni rizik. U publikaciji ICRP br. 26 iznete su vrednosti faktora rizika za pojedine organe kao i vrste posledica koje se mogu očekivati nakon ozračivanja.

Tabela br. 1 Faktori rizika

ORGAN	POSLEDICA	FAKTOR RIZIKA Sv^{-1}
gonade	nasledni efekti	$1,0 \times 10^{-2}$
koštana srž	leukemija	$2,0 \times 10^{-3}$
pluća	karcinom	$2,0 \times 10^{-3}$
tireoideja	karcinom	$2,0 \times 10^{-3}$
dojke	karcinom	$2,5 \times 10^{-3}$
ostalo tkivo	malignomi	$5,0 \times 10^{-3}$
celo telo	stohastički efekti	$4,0 \times 10^{-3}$

U slučaju kada se posmatraju samo somatski efekti zračenja za procenu radijacionog rizika dovoljno je da se definiše somatska

efektivna ekvivalentna doza na sledeći način:

$$H_S = \sum W_i H_i$$

gde je

H_S somatska efektivna ekvivalentna doza
 W_i težinski faktori za pojedine organe
 H_i ekvivalentna doza za posmatrani organ

Težinski faktori W_i izvedeni su iz vrednosti težinskih faktora, čije su vrednosti predložene za proračun efektivne ekvivalentne doze, na taj način što je zanemaren uticaj gonada, a ukupna vrednost težinskih faktora raspoređena na ostale organe.

U našem slučaju težinski faktor za pluća iznosi 0,16.

Somatska efektivna ekvivalentna doza proračunata za posmatranu dijagnostičku proceduru /sistemsко snimanje pluća/, koja se sprovodi dvopulsnim generatorima X zračenja, iznosi 0,42 mSv.

Procena radijacionog rizika za stanovništvo na teritoriji Beograda, koje je u toku 1983. godine bilo ozračeno u akciji sistematskog snimanja pluća, data je u skladu sa preporukama Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja, a rizik je sagledan kroz broj novonastalih malignoma, čija se pojava može očekivati kao posledica sprovedenog snimanja.

Prema našoj proceni broj novonastalih malignoma manji je ili jednak jednom slučaju na 312.058 snimljenih stanovnika.

Zaključak

Sistematsko snimanje pluća stanovnika Beograda obavlja se jedan put u dve godine. U akciji kojom je u toku 1983. godine na teritoriji Beograda obuhvaćeno 312.058 stanovnika, ukupno je bilo otkriveno 94 slučaja novo nepoznate aktivne tuberkuloze, odnosno 107 slučajeva malignih i benignih tumora na 100.000 snimljenih stanovnika.

Prema proračunu koji smo sprovedeli, kao posledica ovog ozračivanja može se očekivati manje od jednog ili jedan slučaj novonastalog malignoma u ozračenom delu stanovnika.

Iz tog razloga smatramo da je primena ove dijagnostičke procedure još uvek opravdana. Međutim, iz upotrebe se moraju povući svi monopulsni generatori X zračenja.

Summary

JUSTIFICATION AVERAGEMENT OF SYSTEMATIC X RAY DIAGNOSTIC LUNGS EXAMINATION OF BELGRADE POPULATION

All population is subjected once in two years to the systematic X ray of lungs. Doses of radiation to which they are exposed during X ray depend of their constitution and conditions under which the X ray is performed.

The average measured value is 2,63 mGy per X ray, the lowest value is 1,29 mGy and the highest 6,16 mGy per X ray.

According to the data from 1983 in the action were included 312.058 inhabitants of Belgrade. 94 new cases were discovered of unknown activ tuberculosis on 100.000 X rayed inhabitants.

Literatura

1. ICRP Publication No. 26: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP Vol.1, No.3, 1977.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Simonović Jelena^x, Radovanović R.^x, Minevski Z.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd
x/ Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta Beograd

POREDJENJE OZRAČENOSTI I ZAŠTITE PACIJENATA U
RENDGENDIAGNOSTICI I RADIONUKLIDSKOJ DIJAGNOSTICI

REZIME Pri sprovodjenju sličnih dijagnostičkih procedura ozračenost pacijenata je veća u slučaju primene radionuklida nego pri korišćenju rendgen aparata. Zaštita pacijenata u radionuklidskoj dijagnostici je složenija, jer se izvori zračenja unose u telo pacijenta, a zračenju su izloženi ne samo ispitivani organi, već gotovo celo telo.

Istraživanja koja smo sproveli u oblasti rendgendifagnostike /1/ i primene radionuklida u medicinskoj dijagnostici /2/ imala su za cilj da se utvrdi obim izlaganja pojedinaca i populacije jonizujućem zračenju, da se procene doze zračenja kojima se ozračuju pacijenti pri sprovodjenju pojedinih dijagnostičkih procedura, a da se na osnovi tih ispitivanja proceni radijacioni rizik koji potiče iz ovih primena jonizujućeg zračenja.

Dobijeni rezultati ukazuju da postoje bitne razlike kako između doza zračenja kojima se pacijenti ozračuju pri sprovodjenju pojedinih dijagnostičkih procedura, tako i u postupcima koji se mogu primeniti u cilju zaštite pacijenata od nepotrebnog ozračivanja.

U Tabelama br. 1, 2 i 3 uporedjene su vrednosti doza zračenja kojima se ozračuju organi pacijenata pri sprovodjenju samo tri dijagnostičke procedure u rendgen dijagnostici i tri slične procedure, koje se obavljaju uz primenu radiofarmaceutika.

Tabela br. 1

Doze zračenja kojima se ozračuju organi pacijenata pri scintigrafiji mozga i pri snimanju lobanje, izražene u mGy

ORGAN	SC. MOZGA ^{99m}Tc Pertehnetat 777 MBq	SNIMANJE LOBANJE 80 kV 64 mA
jajnici	3,6	0,007
testisi	2,6	0,006
sternum	4,5	-
lobanja	-	4,20

Tabela br. 2

Doze zračenja kojima se ozračuju organi pacijenata pri scintigrafiji pluća i pri snimanju pluća, izražene u mGy

ORGAN	SC. PLUĆA ^{99m}Tc MAA 111 MBq	SNIMANJE PLUĆA 60 kV 24 mA
jajnici	0,18	0,003
testisi	0,11	0,002
pluća	6,44	0,40

Tabela br. 3

Doze zračenja kojima se ozračuju organi pacijenata pri scintigrafiji kostiju i pri snimanju kičme, izražene u mGy

ORGAN	SC. KOSTIJIU ^{99m}Tc Polifoafat 555 MBq	SNIMANJE KIČME 75 kV 200 mA
jajnici	0,89	3,80
testisi	0,67	1,52
kosti - kičma	7,05	7,72

Zaključak

Pri izlaganju pacijenata rendgenskom zračenju u cilju snimanja ili prosvetljavanja pojedinih organa medicinsko osoblje primenjujući zaštitna sredstva za zaštitu pacijenata i pravilnim izborom radnih kondicija /kV, mA, mA's/ ostvaruje optimalne uslove ozračivanja pacijenata.

Takvim postupcima se znatno smanjuje ozračenost, kako ispitivnog organa, tako i susednih organa. U izvesnim slučajevima može se postići i potpuna zaštita pojedinih vitalnih organa, kao npr. jaštita jajnika i testisa pri velikom broju dijagnostičkih procedura kao što su snimanje lobanje, snimanje ili prosvetljavanje pluća, snimanje ekstremiteta i slično.

Pri primeni radionuklida u dijagnostičke svrhe zaštita pacijenta se ne može sprovesti u potpunosti, jer se sa zaštitnim sredstvima, koja bi se postavljala spolja za vreme odvijanja procedure, ne mogu zaštititi organi od prekomernog ozračivanja.

Radiofarmaceutici koji se unose u telo pacijenta radi dijagnostičkih ispitivanja nakupljaju se sa različitim faktorima distribucije, karakterističnim za dati radiofarmaceutik, u pojedinim organima.

U organu u kome se vrši nakupljanje radiofarmaceutika dolazi i do njegove dezintegracije. Energija koja se pri tome oslobođi delom se apsorbuje u organu, ali se izvestan deo transmiteme dalje da bi se apsorbovao u susednim organima i tkivima čitavog tela.

To znači da je unošenjem određene aktivnosti radiofarmaceutika unapred određeno ozračivanje ispitivanog organa, susednih organa i celog tela pacijenta.

Kako su interna apsorbovane doze zračenja kojima se ozračuju organi pacijenata srazmerne unetim aktivnostima, od bitnog je značaja da se pre primene radiofarmaceutika dobro proceni "doza" potrebna za određeno ispitivanje u svakom pojedinom slučaju i da se učini sve, kako bi se ona pravilno proračunala, izmerila i unelau telo pacijenta.

Summary

COMPARATION OF IRRADIATION AND PROTECTION IN X-RAY DIAGNOSTIC AND RADIONUCLIDE DIAGNOSTIC

In the application of similar diagnostic procedures the irradiation of the patients showed to be higher in the case of radionuclide application considerably than in X-ray diagnostic.

Patient protection in radionuclide diagnostic is being more complicated because it involves intake of radioactive sources into the body of patients, which results in radiation exposure of almost whole body and not only the organs under investigation.

Literatura

1. Križanović D.: Procena ozračenosti populacije usled primene X-zračenja u dijagnostičke svrhe. Magistarski rad, Farmaceutsko-bioteknički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1974.
2. Tomašević M.: Opšta i lokalna ozračenost pacijenata i njihova zaštita pri stomatološkoj rendgendifagnozici. Magistarski rad, Farmaceutsko-bioteknički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1971.
3. Tomašević M.: Interno ozračivanje pacijenata i radijacioni rizik pri primeni radionuklida u medicinskoj dijagnostici. Doktorska disertacija, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1983.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Vidaković Z., Hebrang A., Ranogajec-Komor M., Korenika Đ.,
Dvornik I.

Zavod za radiologiju Medicinskog fakulteta pri KB "Dr O.Novosel"
Zagreb i Institut "Ruđer Bošković" Zagreb.

PERSPEKTIVE OZRAČENJA BOLESNIKA I PROFESIONALNOG OSOBLJA
U SUVREMENIM MEDICINSKIM SMJERNICAMA

Sažetak

Široka primjena zdravstvene zaštite dovela je do većeg izlaganja zračenju cjelokupnog stanovništva. Primjenom predloženih mjera moguće je smanjiti ozračavanje populacije. Međutim, nove metode pregleda i mogućnosti bolje dijagnostike, a pogotovo zamjena operativnih načina liječenja intervencijskom radiologijom, dovest će do povećanja izloženosti zračenju hospitaliziranih bolesnika i profesionalnog osoblja. Perspektive ozračavanja profesionalnog osoblja poprimaju zabrinjavajuće razmjere. Neophodno je omogućiti primjenu tehničkih sredstava koje će metode vezane uz zračenje zamijeniti adekvatnim metodama bez zračenja. Za to je potrebna edukacija i adekvatna aparatura.

Radiološka dijagnostika je danas nezamjenjiv način prepoznavanja mnogih bolesti. Ona je, naročito u poslijeratnom periodu, primjenjena na gotovo cjelokupno stanovništvo naše zemlje. Razlog tome je široka primjena zdravstvene zaštite i znatna ulaganja društva za njezino poboljšavanje. Tako je najveći dio stanovništva, bez obzira na imovinsko stanje, bio obuhvaćen različitim dijagnostičkim postupcima. To je dovelo i do povećane, često nepotrebne, izloženosti populacije rendgenskom i drugim izvorima zračenja. O tom problemu smo već više puta raspravljali i predlagali različite načine kojima bi se zračenje svelo na potrebnu i razumnu mjeru. Radiološka struka se i nadalje naglo širi i obuhvaća sve nova dijagnostička područja. Uz to se posljednjih desetak godina naglo razvija i intervencijska radiologija tj. nove metode liječenja nekih bolesti pod kontrolom rendgenskih zraka. Ovdje u prvom redu treba spomenuti angioplastike tj. dilatacije suženih krvnih žila pod kontrolom i uz pomoć rendgenske dijagnostike. Zadnjih godina se sve više upotrebljavaju metode tromboliza gdje se uz pomoć radioloških postupaka otapaju i evakuiraju ugrušci koji su obstrui-

rali krvne žile. Ove metode otvaraju velike mogućnosti i nade u brzom, efikasnom i bezbolnom liječenju nekih bolesti, pa i srčanog infarkta. Intervencijska radiologija je vrlo uspješna u slučajevima embolizacije, tj. začepljenja pojedinih krvnih žila. Ova metoda se primjenjuje kod malignih tumora čime se potpuno može spriječiti metastaziranje za vrijeme operativnog zahvata. Ista se metoda primjenjuje u svrhu zaustavljanja različitih oblika krvarenja. Intervencijska radiologija danas uspješno bez operacije odstranjuje konkrente iz žučnih i mokračnih putova. Intervencijskom radiologijom se evakuiraju cistične tvorbe i apsesi pojedinih organa, te se provode drenaže pojedinih organa i šupljina. Ove metode su naišle na širju primjenu i u našim vodećim medicinskim ustanovama, a naročito ih prihvaćaju bolesnici koji ovim postupcima izbjegavaju operativni zahvat. Već više od 30 godina radiologija obilno koristi velike mogućnosti kontrastnog prikaza krvnih žila i srčanih šupljina čime se prepoznaje veliki broj bolesti, te olakšava adekvatni operativni zahvat. Moramo međutim, napomenuti da su upravo te nove metode znatno povećale izloženost bolesnika i profesionalnog osoblja djelovanju ionizantnog zračenja. O primjeni ovih modernih metoda i dozi zračenja koju pri tome dobivaju bolesnici i profesionalno osoblje, smo više puta izvjestili.

Radiološka struka je oduvijek nastojala svoju zadaću u medicini obaviti uz što manju izloženost zračenju. Uskom suradnjom s medicinskom tehnikom poboljšavale su se metode pregleda i aparatura. Tako je primjena elektronskog pojačala smanjila dozu zračenja kod dijaskopije za nekoliko stotina puta. Upotreba folija rijetkih zemalja uspjela je prilikom snimanja dozu reducirati i do 70%. Radiološka struka primjenjuje sve više i ultrazvučnu dijagnostiku. U najnovije vrijeme počeo se primjenjivati u svijetu dijagnostički postupak putem magnetske rezonance gdje se dobivaju izvanredno fini nalazi tjelesnih organa, vrlo slični kompjutoriziranoj tomografiji, ali bez primjene ionizantnog zračenja. U tome vidimo u budućnosti velike mogućnosti radiološke struke.

Nažalost rendgensku aparaturu danas sve češće upotrebljavaju i neradiolozi. Razlog tome treba gledati najčešće u ekonomskoj računici. Prema izvještaju američkog radiološkog društva utvrđeno je da neradiolozi više izlažu bolesnike ionizantnom zračenju, da su

njihovi nalazi nepotpuni, da češće ponavljaju pregled zbog tehničkih ili drugih razloga i da je dijagnostička vrijednost neradioloških nalaza nezadovoljavajuća, a troškovi su veći. I kod nas postoji pokušaj da, unatoč jasnim zakonskim propisima, radiološke pretrage obavljaju i neradiolozi. To je veliki problem koga se ne smije zanemariti.

U svrhu smanjenja izloženosti zračenja mi smo potpuno napustili pregled čeda koncem graviditeta pomoću rendgenskih zraka. To područje smo obuhvatili isključivo ultrazvučnom dijagnostikom. Jednako tako uobičajene pregledne žučnog mjehura i najveći broj pregleda žučnih vodova mogu se danas obaviti ultrazvučnom dijagnostikom. Znatan broj pregleda drugih parenhimičnih organa, kao što su gušterača, bubrezi i jetra se također mogu uspješno obaviti ultrazvučnom dijagnostikom. Ona nam koristi i za pregledе štitnjače, testisa, paranasalnih šupljina i srca. Ovdje posebno napominjemo kontrole žučnih i mokraćnih konkremenata. Zadnjih godina se čuju vrlo oprečna mišljenja o vrijednosti i opasnosti mamografije za dijagnozu karcinoma dojke. Mišljenja smo da bi rutinske pregledne dojke kod žena trebalo prvenstveno vršiti metodom termografije i sonografije. Samo kad ove dvije metode daju nepouzdane ili sumnjiive rezultate trebalo bi pristupiti mamografiji.

Društvo radiologa Jugoslavije je dalo jasne stavove o primjeni sistematskih i masovnih pregleda. Njihove zaključke treba primjeniti i striktno provoditi. Na taj bi način postigli smanjenje ozračavanja opće populacije. Važnu ulogu pri tome treba usmjeriti upoznavanju širokih slojeva populacije s mogućnostima i opasnostima od zračenja kao i mogućnostima primjene drugih neionizantnih metoda pregleda kojim se mogu postići jednaki dijagnostički rezultati. Uvezši u obzir veliki napredak radiološke struke, te sve preciznije dijagnostičke mogućnosti, kao i sve jače izvore zračenja, moramo nažalost utvrditi da će hospitalizirani bolesnici biti u narednom desetljeću sigurno izvrgnuti većoj dozi ionizantnog zračenja nego li do sada. To se u prvom redu odnosi na bolesnike s patologijom krvnožilnog sistema. Poseban problem predstavljat će izloženost profesionalnog osoblja zračenju. Mjerenja koja smo vršili kod suvremenih radioloških postupaka kao što su koronarografije i embolizacije krvnih žila, te metode angioplastike pokazuju znatno povećanje doze zračenja radiološkog osoblja. O tome je bilo već izvještaja iz naših

pokazatelja. Pri ovakovim metodama pregleda radiolog se nalazi neposredno uz izvor zračenja i bolesnika. Nažalost, ne postoji mogućnost niti način kojim bi se mogao dovoljno zaštititi. Doze zračenja pri ovim pretragama bi uz normalno obavljanje poslova već za 2-3 mј. dosegla dozvoljenu godišnju dozu zračenja za profesionalno osoblje. U tome vidimo posebni, za sada nerješivi problem. Zahtijevi suvremene medicine ne dozvoljavaju odgađanje primjene ovih modernih načina liječenja. Njih mogu, a i u budućnosti će moći vršiti samo vrhunski stručnjaci u posebno opremljenim klinikama. Da bi se to moglo svladati nužno je povećati broj takovih stručnjaka, te učiniti sve da se dosadašnje pretrage uz pomoć ionizantnog zračenja zamijene pregledima bez djelovanja zračenja. To zahtijeva intenzivni, stručni i naučnoistraživačni rad, edukaciju određenog broja kādrova i potrebu angažiranja odgovarajućih materijalnih sredstava.

Summary

A greater exposition of hospitalised patients and professional staff to radiation is being foreseen by new diagnostic and therapeutic methods in radiology. Radiation perspectives of professional staff become more and more alarming. Even nowadays certain methods of radiological check up are being replaced by more adequate ones free of ionic radiation. Preparation and application of new technical possibilities with the aim of lessening or totally eliminating the radiation becomes absolutely necessary. Measures suggested in lessening the radiation of population should be strictly applied.

Literatura

1. Donner M.W.: Radiologe 22:1-6, 1982.
2. Gockel H.P.: Radiologische praxis 2, 43-48, 1984.
3. Swinger N.: Am Coll Radiol Bull 12; 36, 1980.
4. Hebrang A. i sur.: IX simp. jug.društva za zaštitu od zračenja, 1977, 151.
5. Hebrang A., Vidaković Z.: V. congrès European de radiologie, Bordeaux 1983.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Ružićka I.

Dom zdravlja Trešnjevka, Rendgenkabinet, Zagreb

PROCJENA ZRAČENJA I PLANIRANJE ZAŠTITE PRI KORIŠTENJU
RENDGENSKIH APARATA U VANREDNIM PRILIKAMA

Sažetak. Priliv velikog broja ranjenika u ratu razlog je pretpostavljenom uvećanju genetski signifikantne doze. To zahtjeva još mirnodopsko programiranje sredstava za savjesnu zaštitu gonada. Gonadsna doza osoblja u vanrednim prilikama pretpostavljeno bi bila za 1,5 puta veća. Za zaštitu osoblja su najvažniji izbor i prilagodjavanje objekta gdje je smješten rendgenski uredaj.

1. Obilježja rendgendifagnostičkog rada u vanrednim prilikama^{1/}

Vanredne prilike su ili rat ili masovne katastrofe u miru. Mjesto rendgendifagnostike u ratu je ili u sanitetskoj ustanovi pokretnog tipa ili u pozadinskim sanitetskim stacionarnim bolničkim jedinicama. U mirnodopskim vanrednim prilikama mjesto je rendgendifagnostike u pravilu u stacionarnim zdravstvenim ustanovama. Karakteristika stacionarnih uvjeta rada je rad kao u redovnim uslovima, ali pod izuzetnim opterećenjem. Daleko su složeniji problemi u uvjetima rada pokretnih sanitetskih ustanova. Da rendgenska aparatura bude prikladna za transport mora biti relativno lagana, tanjih zaštitnih elemenata. Kad je moguće, ona se napaja električnom strujom iz strujne mreže, kad ne tada iz dinamostroja ili baterije. Gradjevinski objekti, koji prvotno nisu namijenjeni za smještaj rendgenske aparature, izvor su složenih problema zaštite od suvišnog ionizirajućeg zračenja. Da ih se uspješnije riješi valja u miru stvoriti pravila zaštite u ratu i valja izobraziti osoblje kako da provodi zaštitu i držati u rezervi odgovarajuću opremu. Kao što su npr. univerzalni prenosni polutalasni rendgenski aparat EI Niš "Neret-

va" i prenosni rendgenski fotolaboratorij, sve smješteno u sanduke, te odgovarajući generator.

2. Procjena ionizirajućeg zračenja pri rendgenskim pretragama u vanrednim prilikama.

Svoje procjene gonadnih doza, u krugu značajnog dometa primarnog i rasapnog zračenja, temeljim na proračunima distribucije lokalizacije ozljeda i broja ranjenika osnovanim na povijesnim iskustvima iz rata /2,3/ i Skopskog potresa 1963 /4/, nadalje na podacima Morgana o izodoznim krivuljama /5/, na gonadnim dozama po literaturi /6/ i na pojavi opadanja intenziteta zračenja s kvadratom udaljenosti. Intenzitet zračenja mјeren na udaljenosti od 1,5 m, u krugu značajnog zračenja, bez zaštite pregrade, za osoblje bi iznosio dnevno preko 20 mrad, odnosno godišnje 7,617 Rad, što je od maksimalno dozvoljene doze /7/ za 1,5 puta veće, zbog pojačanog obima posla. Po pregledanom, većina njih u generacijnoj mlađoj dobnoj skupini, bi gonadna doza iznosila preko 116 mrad. Po ukupnom stanovništvu, u uvjetima očekivanog općenarodnog rata, rendgenska snimanja pretežno pripadnika mlađe dobne skupine, pridonijele bi značajnom uvećanju genetski signifikantne doze. Kako je zastupljenost vrsta ozljeda u mirnodopskim katastrofama slična kao u ratu, to je slična i izloženost zračenju osoblja, ali je prilog genetski signifikantnoj dozi beznačajan zbog ograničenog obima katastrofe.

3. Planiranje zaštite od rendgenskog zračenja u vanrednim prilikama.

a/ Oсобље. Važne su mјere prevencije izborom i prilagodjavanjem radnog objekta i mјere neposredne zaštite pri radu. Rendgensku cijev pokretnog aparata valja smjestiti u onoj prostoriji gdje je gradjevni materijal najveće specifične težine i najdeblji. Rendgenski aparat mora biti ili odgovarajuće odjeljen ili udaljen od tamne komore i od ostalih prostorija. Materijal pregradnih

stijena može biti ili od cigle debele 12 cm ili od betonske ploče ili kamena debljine 7,5 cm. Da se značajno smanji rasapno zrašenje, opisani zidovi i pregrade moraju biti preko 1,5 m udaljeni od rendgenske cijevi. Za osoblje je najbolje kad je pri snimanju smješteno u susjednu prostoriju, a ako je samo odjeljeno zaštitnim zidom mora snimati iz daljine od najmanje 1,5 m uz pomoć kabela. Pri tome mora osoblje biti zaštićeno i zaštitnom pregačom olovnog ekvivalenta od 0,25 mm ili još bolje od 0,50 mm. Na najizloženijim radnim mjestima treba netko nositi odmah očitljivo nalivpero-dozimetar. - b/ Ozlijedjeni. Mjesto čekanja za pregled mora biti podalje i odvojeno odgovarajuće gradjenim stijenama. Ozlijedjene treba što kraće zadržavati u području bliskom izvoru zračenja. Kako se radi o pripadnicima mlade dobne skupine, neopходна је заштита gonada: zaštitno sredstvo olovnog ekvivalenta od najmanje 0,5 mm smanjuje dozu za 80-90%; u miru valje misliti, da je sredstva za direktnu zaštitu gonada u ratu vrlo teško improvizirati. Brzina u redu ne ispričava, ako se ne suzi snop rendgenskih zraka na veličinu polja snimanja. U miru pripremljene kazete i folije odgovarajuće kvalitete smanjit će inače na pokretnim polutalesnim aparatima duge ekspozicije. Stol na kome je ozlijedjeni ne smije biti visok, da ne bude prekratka udaljenost od cijevi.

4. Zaključak.

Djelovanje usmjereno zaštiti od suvišnog zračenja u vanrednim prilikama odvija se u dvije faze. - I. faza: pripreme u redovnim prilikama. Prvo je potrebno stvoriti jedinstvenu doktrinu o prevenciji i zaštiti u vanrednim prilikama. U skladu s doktrinom treba izobraziti stručno osoblje. Izvršiti izbor rendgenskih aparata prikladnih za korištenje u vanrednim prilikama, kao i izbor potrebnih zaštitnih sredstava. Odrediti prikladna skladišta za izabrane materijale i potrebna prijevozna sredstva, uz povremenu

provjeru njihove ispravnosti. Predvidjeti u miru niz odgovarajućih objekata za proležni smještaj rendgenskih uredjaja u ratu.-

II.faza: prevencija i zaštita u vanrednim prilikama. Provesti improvizirane gradjevinske i tehničke mjere za zaštitu osoblja i ozlijedjenih. Kontrola stupnja racionelnosti indiciranja rendgenskih pretraga. Neizostavno zaštiti gonade ozlijedjenih. Ne forsirati rendgenske pretrage, koje nisu kompatibilne sa snagom rendgenske cijevi polutalasnog aparata. Za savjesno provodjenje tih mјera potrebna je velika discipline, koja se može provesti uz autoritativno provedene mјere organizacije, i uz jedinstveno rukovodjenje i kontrolu provodjenja potrebnih mјera.

A b s t r a c t .

The Assessment of Radiation and the Planning of Protection in Utilization of the X-Ray Equipment in extraordinary Occasion

The wartime influx of numerous wounded people is the reason of presumed increase of the genetic significant dose. The peacetime programming is demanded for the purpose of the gonad protection. The presumed gonadal dose for the medical staff in extraordinary occasions would show increase of 1,5. To protect the medical staff it is the most important to select and adjust the establishment where the X-Ray equipment is installed.

L i t e r a t u r a .

1. Usmena saopćenja.
2. Kralj,I., Dimković,D.: Organizacija kirurške pomoći u ratu, Ratna kirurgija, Deo I, str.35-103, Izd.san.upr.JNA, Beograd, 1953.
3. Stojanović,V.K.: Ratna hirurgija, Izd.pred.SR Srbije, Beograd, 1950.
4. Kamčevski,B.: Velike posleratne katastrofe na teritoriji SR Makedonije i naša iskustva u organizaciji zdravstvene službe, Lij.vjes., 89:281-295, 1967.
5. Schinz,H.R., Wideröe,R.: Der Strahlenschutz in der medizinischen Radiologie, Radiol.clin.biol., 34:32-60, 1965.
6. Fiebach,B.J.O.,Schmitt,G.,Ewen,K.: Neuere Daten über die Strahlenexposition der Patienten in der Röntgendiagnostik, Radiologe, 17:401-407, 1977.
7. Sl.list SFRJ, br.27, str.1238-1239, 27.05.1977.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
 Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Simonović Jelena^x, Radovanović R.^x
 Institut za medicinu rada i radioološku zaštitu Beograd
^x/ Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta Beograd

RADIONUKLIDI U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI U SR SRBIJI
 I SOMATSKI RADIJACIONI RIZIK

REZIME U toku 1981. godine u SR Srbiji sprovedeno je ukupno 71.819 dijagnostičkih procedura. Funkcionalno ispitivanje štita-
 ste žlezde bilo je zastupljeno u 31,5% slučajeva. Radionuklid
 131 I korišćen je u 76,4%, 99mTc u 19,6% a ostali radionuklidi
 u samo 4% slučajeva. Rizik od primene radionuklida procenjen je
 na 7 slučajeva novih malignoma na 70.000 stanovnika godišnje,
 što predstavlja oko 10% od vrednosti spontanog rizika da obole
 od raka.

Pri sprovođenju dijagnostičkih procedura bilo u rendgendifagnos-
 tici bilo u primeni radionuklida, pacijenti se izlažu zračenju,
 što sa sobom povlači određeni rizik. To znači da se pri ozrači-
 vanju pacijenata ne postiže samo određena korist, koja se ogle-
 da u postavljanju dijagnoze, već takođe i šteta, koja je utoli-
 ko verovatnija ukoliko je ozračivanje bilo veće.

Rizik koji proističe iz ozračenosti pojedinaca ne mora uvek da
 se posmatra kroz mogućnost nastajanja genetskih efekata. Zbog
 toga smo pokušali da posebno razmotrimo rizik od ozračivanja,
 sagledan kroz proračun broja novih malignoma, koji imaju smrto-
 nosni ishod, a koji se mogu pojaviti u posmatranoj populaciji
 kao posledica njenog ozračivanja.

Proračun ove veličine sproveden je na osnovi podataka, koji su
 bili određeni pri ispitivanju srednje godišnje gonadne doze i
 srednje godišnje genetski značajne doze za populaciju SR Srbije,
 somatskih efektivnih ekvivalentnih doza za pojedine dijagnostič-
 ke procedure kao i vrednosti faktora rizika, iznetih u publika-
 cijama ICRP br. 26 i 27.

Proračun somatske efektivne ekvivalentne doze

U slučaju kada se posmatraju samo somatski efekti zračenja u proračunu se koristi somatska efektivna ekvivalentna doza definisana na sledeći način:

$$H_{SE} = \sum_i w_{i,SE} H_{i,SE}$$

gde je

H_{SE} somatska efektivna ekvivalentna doza

$H_{i,SE}$ somatska efektivna ekvivalentna doza za posmatrani organ

$w_{i,SE}$ težinski faktori čije su vrednosti date u Tabeli br.1

Tabela br. 1 Težinski faktori

O R G A N	TEŽINSKI FAKTOR
dojke	0,20
koštana srž	0,16
pluća	0,16
tireoideja	0,04
kosti	0,04
ostali organi	0,40

U Tabeli br. 2 prikazane su somatske efektivne ekvivalentne doze, proračunate za dijagnostičke procedure, koje se češće koriste i čiji je doprinos ozračivanju pacijenata znatan.

Tabela br. 2 Somatske efektivne ekvivalentne doze/mSv/MBq/

ISPITIVANI ORGAN	RADIOFARMACEUTIK	H_{SE}
tireoideja	^{131}I natrijum jodid	14,2
bubrezi	^{131}I hipuran	0,204
bubrezi	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ DMSA	0,019
jetra	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ sumporkoloid	0,016
jetra	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ kalajkoloid	0,020
mozak	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ pertehnetat	0,016
skelet	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ PyP	0,005

Faktori rizika

Za malignome sa smrtonosnim ishodom u publikacijama ICRP data je vrednost od $1,0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ za muškarce, što odgovara broju od 20 leukemija i 80 pojava malignoma, odnosno vrednost od $1,5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ za žene, što odgovara broju od 20 leukemija i 130 malignoma.

Kako se ove vrednosti odnose na osobe stare od 18 do 65 godina, ovi faktori rizika u našem radu bili su korigovani, jer su u populaciji koja je bila izložena zračenju bile zastupljene osobe oba pola mладje od 18 godina kao i starije od 65 godina.

U Tabeli br. 3 iznete su vrednosti korekcionih faktora.

Tabela br. 3 Korekcione vrednosti faktora rizika

ISPITIVANI ORGAN	MUŠKARCI	ŽENE
tireoideja	0,58	0,71
ostali organi	0,60	0,65

Proračun broja malignoma koji se očekuju kao posledica izlaganja populacije zračenju sproveden je na osnovi sledećg modela:

$$N_M = \sum N_i F_R f_R D_{SE}$$

gde je

N_M broj malignoma

N_i broj ozračenih pacijenata

F_R faktori rizika definisani u Publikaciji ICRP

f_R korekcione vrednosti za faktore rizika

D_{SE} somatske efektivne ekvivalentne doze /Sv/

Tabela br. 4 Očekivan broj malignoma za populaciju SR Srbije kao posledica dijagnostičke primene radionuklida

DIJAGNOSTIČKA PROCEDURA	MUŠKARCI	ŽENE	UKUPNO
ispitivanje tireoideje	0,34	5,78	6,12
ispitivanje ostalig organa	0,16	0,24	0,40
U K U P N O :	0,50	6,02	6,52

Zaključak

U toku 1981. godine ukupno je obavljeno 71.819 dijagnostičkih procedura uz primenu radionuklida.

Radijacioni rizik za stanovništvo SR Srbije procenjen je na osnovi proračuna broja novih malignoma, čija se pojava može očekivati u delu populacije koja je ozračena usled primene radionuklida u medicinskoj dijagnostici. Rizik od primene radionuklida u medicinskoj dijagnostici iznosi oko 7 slučajeva na 70.000 ozračenih stanovnika godišnje, od čega oko 6 slučajeva od primene radionuklida ^{131}J za ispitivanje štitaste žlezde, što predstavlja oko 10% od vrednosti spontanog rizika da ove osobe obole od raka.

Summary

RADIONUCLIDES IN MEDICAL DIAGNOSTIC IN SR SERBIA AND SOMATIC RADIATION RISK

During 1981. in SR Serbia there were performed 71.819 diagnostic procedures in total.

Functional investigation of the thyroid gland has been done in 31,5% of cases.

Radionuclide ^{131}J has been applied in 76,4%, ^{99m}Tc in 19,6% and the other radionuclides in 4% of cases only.

The risk resulting from radionuclides application in medical diagnostic showed to be 7 cases of new malignant tumours per 70.000 of patients annually, which represents approximately 10% of the value of the spontaneous risk for the cancer occurrence.

Literatura

1. Tomašević M.: Interno ozračivanje pacijenata i radijacioni rizik pri primeni radionuklida u medicinskoj dijagnostici. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu - Medicinski fakultet, Beograd 1983.
2. ICRP Publication No.27: Problems Involved in Developing an Index of Harm. Annals of the ICRP Vol.1, No.4, 1977

APSORBOVANA DOZA U MAMOGRAFIJI

Sead Strinić, M. Mušanović, A. Drljević, B. Dresto

Institut za radiologiju i onkologiju Sarajevo

Radijacioni rizik u mamografiji analiziran je u ovisnosti od tehnike snimanja, filterske poluvrijednosti i debljine grudi. Kao kriteriji za procjenu radijacionog rizika poslužili su: kožna doza, doza u srednjoj tački grudi i srednja grudna doza. Pokazano je da povećanje filterske poluvrijednosti uzrokuje znatno smanjenje kožne doze i ujedno neznatno smanjenje srednje grudne doze i kontrasta snimka.

Uvod

Veliki broj mamografskih pregleda i oboljenja dojke povećao je interes za ovu vrstu pretrage i sa aspekta radijacionog rizika. Mamografijom su najviše iradirani meko tkivo i strukture unutar njega. Gonadna doza je zanemarljivo mala tako da nema genetskih efekata na populaciju, ali su prisutni somatski efekti zračenja. U ranijim radovima radijacioni rizik u mamografiji je prezentiran u ovisnosti od kožne doze na čijem je smanjenju bila bazirana prednost jedne tehnike nad drugom. Međutim, nema pouzdanih informacija da li je koža ili meko tkivo osjetljivije na zračenje tako da doza u srednjoj tački grudi /"mid breast dose"/ i srednja grudna doza /"mean breast dose"/ mogu poslužiti kao kriteriji za procjenu radijacionog rizika.

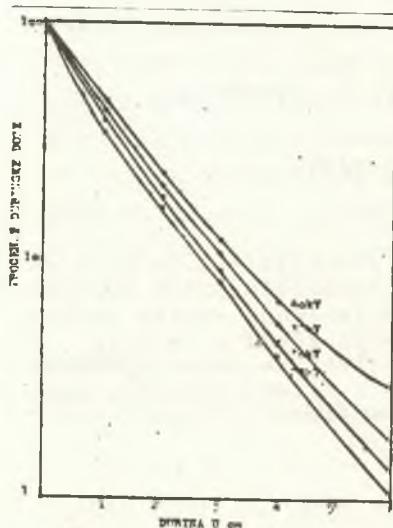
Materijal i metod

Mjerenja su izvršena na Simens Mamomat aparatu /Mo anoda, 0,03 mm Mo filter/ Ionex dozimetrom i ionizacionom komorom $0,3 \text{ cm}^3$ za meke X - zrake. Izmjerene vrijednosti su korigovane odgovarajućim kalibracionim faktorima kao i konverzionim faktorima R-rad. Aluminijskim pločicama debljine 0,1 mm izmjerene su filterske poluvrijednosti za svaku vrijednost visokog napona cijevi /Tabela 1/.

NAPON (kV)	PRVA FILTARSKA POLUVRIJEDNOST mmAl	FAKTOR HOMOGENOSTI
28	0,31	0,78
30	0,36	0,78
35	0,42	0,78
40	0,46	0,78

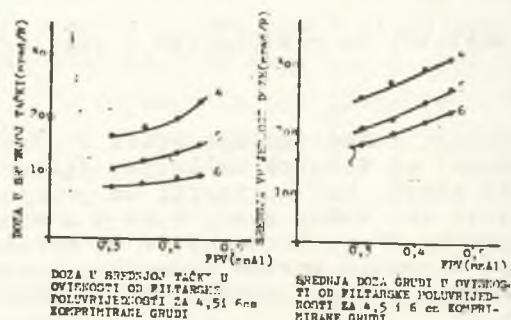
FILTARSKE POLUVRIJEDNOSTI - Mo-anoda

Ploče od pleksiglasa, veličine 10×10 cm, jedinične gustine, upotrebljene su za mjerjenje procenata dubinske doze za svaku od raspoloživih vrijednosti visokog napona cijevi /Slika 1/.



PROCENCI DUBINSKE DOZE U PLEKSIGLASI
PRO=5 cm -Re ANODA- 0,03 mm Re FILTER

Slika 1



Slika 2

Vrijednosti procenata dubinske doze poslužile su za računanje doze u srednjoj tački grudi i srednje grudne doze, a rezultati su izraženi u jedinicama apsorbovane doze po jedinici ekspozicione doze /mrad/R/ radi lakše komparacije /Slika 2/.

Interesovao nas je takođe i efekat zračenja na filmu. Upotребljen je stepenasti filter da bi se prouzrokovalo različito zacrnjenje na filmu. Ovakav test napravljen je za svaku od raspoloživih vrijednosti visokog napona cijevi, a vrijednosti zacrnjenja očitane su pomoću denzitometra /Slika 3/.

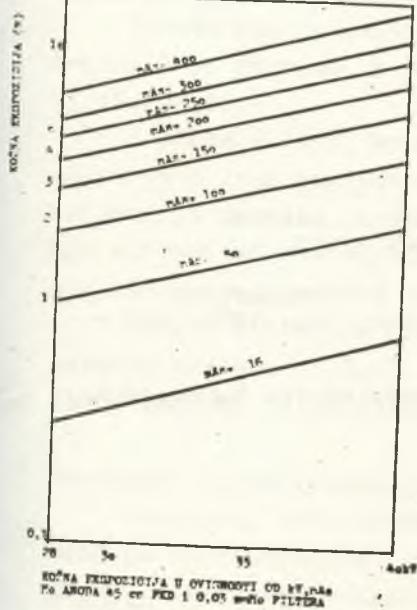


Slika 3

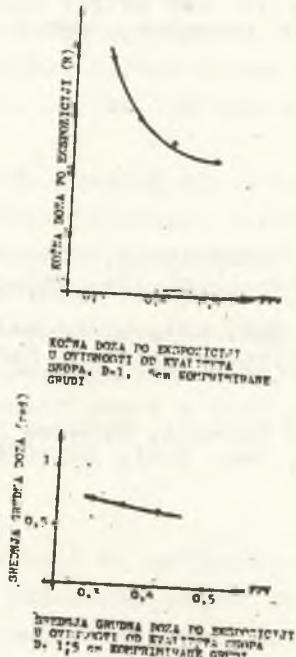
Lako se može primjetiti da se za veće vrijednosti visokog napona i filterske poluvrijednosti dobije manji raspon zacrnjena na filmu što rezultira u smanjenom kontrastu snimka.

Rezultat i diskusija

Veliki je broj faktora koji utiču na apsorbovanu dozu u mamografiji, kao što su senzibilnost filma, kvalitet zračenja, filtracija, fokusno - kožna distanca, debljina i sastav grudi itd. Ovako veliki broj faktora otežavaju primjenu istih metoda rada u više institucija, posebno zbog specifičnosti različitih aparata za mamografiju i potrebe za kalibracijom svakog aparata posebno. Ipak, može se primjeniti opšte pravilo po kojem je kod simptomatičnih pacijenata potreba za najkvalitetnijim radiološkim pregledom i maksimalnim brojem informacija mnogo važnija od male vjerovatnosti indukcije tuma te se može reći da je u tom slučaju najbolja ona tehnika koja daje najveću šansu za detekciju malignog oboljenja. Ako se radi o nesimptomatskim pacijentima treba pažljivo odabratи tehniku snimanja da bi se radijaciona doza svela na minimum. U praktičnom radu potrebno je izraditi grafikon ovisnosti kožne doze od vrijednosti visokog napona i mAs faktora /Slika 4/.



Slika 4



Slika 5

Očigledno je da povećanje filterske poluvrijednosti uzrokuje značajno opadanje kožne doze kao i malo smanjenje srednje grudne doze /Slika 5/. Ujedno povećanje filterske poluvrijednosti rezultira u gubitku kontrasta radiološke slike /Slika 3/. Postavljajući uslov da zacrnjenje filma ima jediničnu vrijednost dobijena je srednja vrijednost kožne doze po ekspoziciji 2,9 rad-a i srednje grudne doze 0,67 rad-a za 5 cm komprimirane grudi. Pri tome je korišten Sanix film namjenjen za snimanje čistim X-zracima bez fluorescentne folije za pojačanje. Za standardne kondicije snimanja izmjerene su 2,3 puta veće kožne doze u film - mamografiji nego u kseromamografiji. U poslednje vrijeme veliki broj autora referišu o značajnom smanjenju apsorbovane doze u film-mamografiji i to korištenjem specijalnih film - folija kombinacija. Ukoliko se primjene ove film - folija kombinacije moguće je apsorbovanu dozu u film - mamografiji smanjiti tri do devet puta u odnosu na kseromamografiju./Prakash N. Shrivastava/.

Abstract

Radiation dose from mammographic techniques was determined as a function of surface exposure, beam quality, and depth. Increasing the beam h.v.l. dramatically decrease breast surface exposure, it is insignificant in lowering mean breast dose or radiation risk. It was higher dose in film - mammography /no screen/ than in xeromammography.

Literatura

1. G. Richard Hammerstein, Absorbed Radiation Dose in Mammography; Radiology 130, Feb. 1979, 485 - 491.
2. Prakash N. Shrivastava, Radiation Dose in Mammography: An Energy - Balance Approach; Radiology 140, Aug. 1981, 483 - 490.
3. Lawrence W. Bassett, Reduced Dose Magnification Mammography; Radiology 141, Dec. 1981, 665 - 670.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13. juna 1985.

Mr Milejko Džambasević

Vojna akademija kopnene vojske, Beograd

Dr Radoslav Radovanović

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

PROBLEM PERIODIČNOSTI KOEFICIJENTA
RADIJACIONOG RIZIKA

Sadržaj. U ovom radu razmatran je problem radioosetljivosti čoveka, koeficijenta unipolarnosti jona, i njihove koncentracije u prizemnom sloju vazduha.

Uvod

Koncentracija lakih jona utiče na metaboličke procese organizma. Inhalacija lakih negativnih jona dovodi do intenziviranja oksidaciono metaboličkih procesa u organizmu, dok inhalacija pozitivnih jona smanjuje intenzitet ovih procesa.

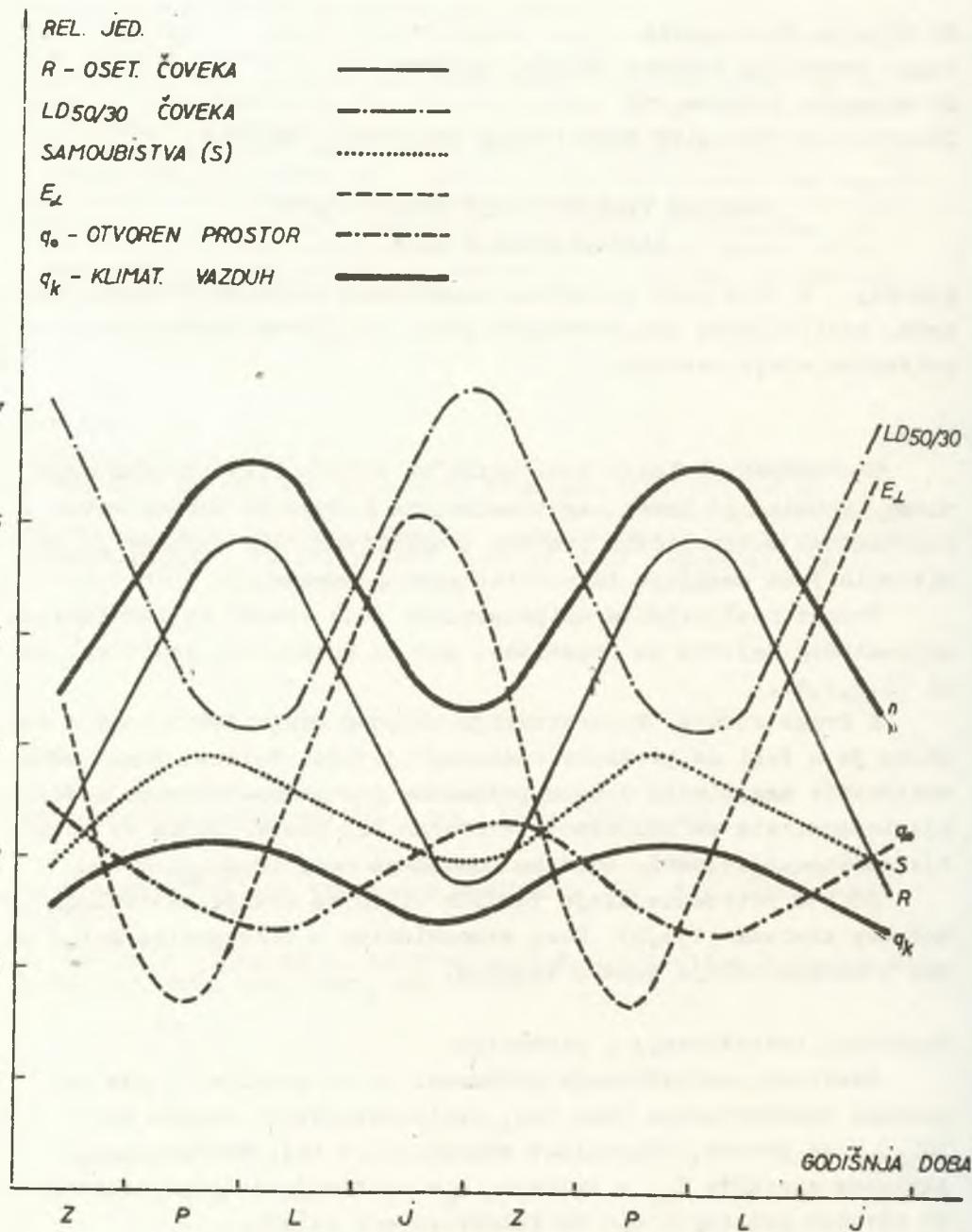
Porast koeficijenta unipolarnosti jona dovodi do izraženijeg depresivnog dejstva na organizam, jer su dominantni pozitivni joni (1,2,3,4).

S druge strane, koncentracija ukupnog broja lakih jona u vazduhu je u fazi sa promenom radioosetljivosti čoveka. Pošto koncentracija negativnih jona u prirodnim granicama utiče na povećanje intenziteta metabolizma, verovatno taj proces utiče na povećanje radioosetljivosti, odnosno smanjenje doze LD_{50/30}.

Joni u prizemnom sloju vazduha utiču na stanje centralnog nervnog sistema (4,5,6). Broj samoubistava u toku godine menja se kao i koncentracija jona u vazduhu.

Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati istraživanja prikazani su na grafiku 1, gde su: promena koncentracija jona (n), radioosetljivost čoveka (R), LD_{50/30} za čoveka, učestalost samoubistava (s), koncentracija skrivenе energije E u vazduhu, q₀ - koeficijent unipolarnosti za otvoren prostor i q_k - za klimatizovani vazduh.



GRAFIK 1. JONI U VAZDUHU I RIZIK

Ako mesece oktobar, novembar, decembar, januar itd, do septembra, označimo brojevima 1 - 12 i to uzmemo kao vreme t u toku godine koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu na otvorenom prostoru u Beogradu menja se kao:

$$q_o(t) = 1,12 - 0,19 \sin\left(\frac{\pi}{6}t - \frac{\pi}{2}\right).$$

Na sličan način menja se radioosetljivost čoveka, i to kao:

$$R_{ost}^C = \bar{R} + 0,25\bar{R} \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}t\right).$$

Koeficijent radijacionog rizika direktno je proporcionalan radioosetljivosti organizma, pa se i on menja u toku godine kao:

$$r_t = \bar{r} + 0,25 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}t\right).$$

Periodičnost koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu u prostorijama gde se nalaze izvori rendgenskog zračenja razlikuje se od periodičnosti ove veličine na otvorenom prostoru. Periodične promene ovog koeficijenta u navedenoj radnoj sredini, prema našim preliminarnim ispitivanjima, su u fazi sa q_k (grafik 1).

Ako se kao srednja vrednost faktora rizika po MKRZ uzme $r = 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, onda se ova veličina menja u toku godine prema podacima datim u tabeli 1.

Tabela 1

Periodičnost koeficijenta rizika u životnoj sredini

Mesec ozračivanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10^{-2} Sv^{-1}	0,79	1,21	1,00	1,13	1,21	1,25	1,21	1,13	1,00	0,87	0,79	0,73

Očigledno je godišnji odmor indikovan za mesec juni.

S druge strane, ako se u radnoj sredini koeficijent unipolarnosti menja kao q_k dolazi do modifikacije radioosetljivosti, pa je lako pokazati da je period decembar - januar indikovan za odmor.

Zaključak

Na osnovu iznetih razmatranja može se konstatovati da klimatizacijom vazduha u prostorijama menja se periodičnost koeficijenta unipolarnosti jona u radnoj atmosferi, što može imati značajne posledice na zdravlje ljudi.

Koncentracija jona i koeficijent unipolarnosti jona su faktori koji utiču na radioosetljivost ljudi, što se mora imati u vidu pri zaštiti od zračenja.

Abstract

This paper presents the problems of the radiation risk and concentration ions in the air.

Literatura

1. Džambasević M., Radovanović R., Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu. X Simpozijum JDZZ, Arandjelovac 1979. godina.
2. R.G. Radovanović, M. Džambasević, Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. XI Simpozijum zaštite od zračenja, Portorož, 1981. godina.
3. Obrosova A.N. Spavočnik po fizioterapiji, Moskva, "Medicina", 1976.
4. Gračev V.J. Trambuckaja T.A., Fizičeskie karakteristiki različnih vidov ionizatora, primenjaemyx v lečebnix i gigieničeskix celjah. Vsesojuznoj konf. po aero-i gidroaero-ionizaciji. Gantkent, 1960.
5. Y.D. Gibernskij, M.T. Dmitriev, D.J. Jsmailova, Nekatorije gigieničeskie kriterii vozdušnogo conforta dlja zakrytyx pomeshčenij. Just. obščej i kom. gig. AMN SSSR, Moskva, 1975, str 3 - 6.
6. Šandala M.G. Jonizacija vozduha kak neblagoprijatnij faktor vnešnej sredi. "Nankova dimka", 1974.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Piasek G.

Medicinski centar Varaždin, OOUR Dom zdravlja,
Radna jedinica za zdravstvenu zaštitu radnika

FENOMEN NEODAZIVANJA ZDRAVSTVENIH RADNIKA KOJI RADE
S IZVORIMA IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA
NA REDOVITE OBVEZATNE PREGLEDE

Iznesene su neke činjenice ustanovljene praćenjem neodazivanja zdravstvenih radnika koji rade s izvorima ionizirajućeg zračenja na obvezatne periodičke preglede s namjerom da ovo bude poticaj za ispitivanje tog fenomena.

Uvod

Rješenjem Republičkog komiteta za zdravstvenu i socijalnu zaštitu SR Hrvatske Medicinski centar Varaždin je ovlašten obavljati zdravstvene preglede osoba koje rade s izvorima ionizirajućeg zračenja (1) prema odredbama propisanog pravilnika (2).

Vršeći taj rad nekoliko godina uočavam neprotumačivo izbjegavanje dolazaka na preglede osobito radnika visoke stručne spreme ali i ostalih. Tu sam pojavu posebno pratio tijekom 1983. i 1984. godine pa to želim saopćiti.

Ispitanici i metode

U Varaždinu i okolicu ima osam zdravstvenih radnih organizacija u kojima rade, zajedno s našim Centrom, 223 osobe s ili uz izvore ionizirajućeg zračenja. Oni su obvezni dolaziti na pregled. U obradi naših ispitanika, između ostalog, koristimo i usluge Laboratorija za mutageniku Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu (tijekom 1984. ekipa je svoj dio posla u dva navrata obavljala kod nas).

Rezultati i diskusija

Priloženim pokazateljima iznosim broj pregledanih i rezultate u najgrublјim podacima za navedene godine.

1983. godine pregledano je 122 od ukupno 223 osobe koje rade s ili uz izvore ionizirajućeg zračenja što je svega 55 %. Patološki nalaz imalo je 15 osoba ili 12 %. U 1984. godini pregledano je samo 93 radnika što je 42 % od ukupnog broja; kod njih je nadjen 41 patološki nalaz odnosno 44 %.

Prikaz promatranja fenomena nedolazaka zdravstvenih radnika na propisane preglede praćen kroz samo dvije godine nije dovoljan za sigurne zaključke. Želja mi je da ovim, zapravo, potaknem diskusiju i temeljitu razradu toga. Vjerujem da izneseno nije osamljena pojava.

Istakao bih da sam uočio da se zdravstveni radnici visoke stručne spreme rijede odazivaju od ostalih. U jednoj radnoj organizaciji pokrenuto je pitanje revizije bodova za utvrđivanje baze osobnih dohodaka pa je, među ostalim, bilo predvideno da se "boduje" i izloženost ionizirajućem zračenju. Broj odaziva naglo je porastao, štoviše, su i bez poziva. Međutim kada je taj element otpao sve se svelo na prijašnje stanje.

Nešto veći broj patoloških nalaza u 1984. uzrokovani su opširnjom revizijom stanja onih koji rade više godina s izvorima zračenja, a kod nekih je kompletiran tzv. "0-ti" pregled. Naime, većina zdravstvenih radnika koji se upućuju na specijalizaciju disciplina gdje su pri radu izloženi zračenju nije prethodno pregledana u smislu zahtjeva pravilnika, a mnogi su raspoređivani na poslove uz izvore zračenja bez prethodnog pregleda.

Bilo bi zanimljivo saznati razloge fenomena nedolazaka na obvezatne zdravstvene preglede. Da li je tome razlog uvjerenje liječnika da poznaju simptomatologiju akutnih lezija pa smatraju da im nitko drugi nije potreban? Slijede li onda ostali njihov primjer neodazivanja? Da li je tome razlog nepostojanje zakonskih sankcija? Jesmo li tijekom našeg školovanja stekli dovoljno znanja o štetnostima ionizirajućeg zračenja (sjetimo se kako naše bolesnike nemilosrdno i često možda suvišno i bez objektivnih potreba upućujemo na svakojake pretrage pri kojima su izloženi zračenju)?

Dakle, ako prihvatimo da su liječnici nemarni zbog uvjerenja o pravovremenom vlastitom otkrivanju aktiničkih oštećenja, a ostali ih u tome slijede, nije li dio "krivice" u (ne)adekvatnoj edukaciji onih koje postavljamo da se o tome brinu - inžinjeri i referenti zaštite na radu? Ili je to možda spontana reakcija na sve ono "što se mora"?

Abstract

Some facts established in a follow-up of the non-responsiveness to obligatory periodical medical checkups among the health personnel working with sources of ionizing radiation are discussed with the purpose of initiating investigation into this phenomenon.

Literatura

1. Rješenje o obavljanju zdravstvenih pregleda radnika koji rade s izvorima ionizirajućeg zračenja, Narodne novine SR Hrvatske, br. 1/1982, str. 5.
2. Pravilnik o stručnoj spremi, zdravstvenim uvjetima i zdravstvenim pregledima osoba koje mogu raditi s izvorima ionizirajućeg zračenja, Službeni list SFRJ, br. 27/1977, str. 1244.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Kubelka D., Horvat Đ., Garaj-Vrhovac V. i Račić J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

ODNOS DOZE X ZRAČENJA I KROMOSOMSKIH ABERACIJA U IN VITRO OZRAČENOJ LJUDSKOJ KRVI

Sažetak

U ovom radu praćena je učestalost kromosomskih aberacija u ljudskim limfocitima s obzirom na doze od 0,5, 1, 2 i 3 Gy rendgenskog zračenja. Rezultati ukazuju na direktnu ovisnost broja i tipa kromosomskih oštećenja o primljenoj dozi i predstavljaju kalibracijske vrijednosti za X zračenje i kromosomske aberacije.

Uvod

Odgovor živih sistema na izloženost ionizirajućem zračenju ovisi o nizu faktora, i može se manifestirati na različite načine, ovisno o stupnju nastalog oštećenja. Neki od faktora odnose se na tip izvora i dozu zračenja, dok su drugi u vezi s ozračenom jedinkom.

Ovisna varijabla pri svim ozračenjima je svakako apsorbirana doza zračenja. Dok fizikalne procjene ekspozicionih doza, dobivene film ili termoluminiscentnim dozimetrima predstavljaju ekvivalent doze na površini ili skoro na površini tijela, dotle biološke procjene temeljene na učestalosti specifičnih kromosomskih aberacija limfocita iskazuju ekvivalent apsorbirane doze za cijelo tijelo (1).

In vitro simulacija jednoličnog ozračenja cijelog tijela postiže se izlaganjem krvi odgovarajućem izvoru i dozi ionizirajućeg zračenja.

Odnos doze X zračenja i učestalosti dicentričnih i prstenastih kromosoma u in vitro ozračenoj ljudskoj krvi praćen je do sada u brojnim studijama. Međutim, redovito su prisutne razlike u broju i distribuciji specifičnih kromosomskih lezija, ovisno o uvjetima ozračivanja, tehnički kulti-

vacije, davaocima krvi, analizi rezultata i njihovoj statističkoj obradi.

Ukoliko se želi in vitro dobivene rezultate koristiti kao kalibracione vrijednosti u procjeni apsorbiranih doza profesionalno ili akcidentalno ozračene osobe, neophodno je da svaki biodozimetrijski centar posjeduje vlastite "dose-response" podatke.

U ovom radu analiziran je odnos poznatih doza X zračenja i učestalosti specifičnih kromosomskih aberacija -dicentrika i prstenova.

Materijal i metode

Uzorci krvi uzeti su od tri zdrave osobe, te ozračeni rentgenom dozama od 0,5, 1, 2 i 3 Gy, pri 200 kV 5 mA za prvu dozu i 200 kV 10 mA odnosno 15 mA za preostale tri doze. U svim slučajevima korišten je aluminijski filter debljine 2 mm.

Analiza kromosoma obavljena je na konvencionalnim 48 satnim kulturama limfocita u F-lo mediju, uz dodatak fitohemaglutinina i bromdeoksiuridina.

Rezultati i diskusija

Na tablici 1 prikazane su ekspozicione doze zračenja, broj analiziranih metafaza te učestalost dicentrika i prstenova po analiziranoj stanici. Korištenjem jednadžbe $y = \alpha D + \beta D^2$ u kojoj je postavljen odnos kromosomskih aberacija y i apsorbirane doze D , dobivene su vrijednosti koeficijenata $\alpha = 3,2790 \times 10^{-4}$ i $\beta = 4,1364 \times 10^{-6}$. Prisutna standardna pogreška uz član α iznosila je $3,3818 \times 10^{-5}$, odnosno $2,0471 \times 10^{-7}$ za član β .

Tablica 1.

Doza Gy	Broj analiziranih stanica	Učestalost dicentrika i prstenova po stanici (v)
0	10.000	$6,1366 \times 10^{-4}$
0,5	8.797	$2,7349 \times 10^{-2}$
1,00	7.661	$7,4767 \times 10^{-2}$
2,00	3.557	$2,3165 \times 10^{-1}$
3,00	2.415	$4,7126 \times 10^{-1}$

Dobiveni rezultati, iako bazično radiobiološkog karaktera, temeljni su biološki indikator radijacionih oštećenja i predstavljaju kalibracijske vrijednosti na osnovu kojih je moguća prilično točna procjena apsorbiranih doza zračenja u specifičnim uvjetima. Korištenje kromosomskih aberacija kao bioloških pokazatelja izloženosti zračenju naročito dolazi do izražaja prilikom akidentalnih ozračenja, kada fizikalna dozimetrija nije postojala ili je nezadovoljavajuća, u sumnjivim slučajevima, pri interno inkorporiranim radionuklidima, te za slučajeve kada je od ozračivanja do biološke procjene učinaka zračenja prošlo dosta vremena (2).

U svakom slučaju, analiza kromosomskih oštećenja u aktivnoj radiološkoj zaštiti predstavlja pouzdan biološki indikator koji upotpunjuje fizikalno dozimetrijske procjene i daje podatak o biološkim posljedicama apsorbiranih doza zračenja.

Abstract

THE PROPOSITION OF X RADIATION DOSE AND CHROMOSOME ABERRATION IN IN VITRO IRRADIATED HUMAN BLOOD

Chromosome aberration studies have proved to be a useful method in characterizing radiation dose-response relationship. With the continuing growth of the nuclear power industry and the introduction of many types of radiation sources in medicine, biology and in some technologies, a biological technique can make an important contribution to radiological protection.

In this study, the proportion between four doses of X irradiation and chromosome aberrations has been examined.

Exposure doses were 0.5, 1, 2 and 3 Gy X rays. Chromosome analysis have been done in conventional 48 hours lymphocyte cultures with whole blood, F-10 medium PHA and BrdU. Results are given on Table 1.

Table 1.

Dose Gy	Scored cells	Dic. + rings per cell (y)
0	10 000	6.1366×10^{-4}
0.5	8 797	2.7349×10^{-2}
1.00	7 661	7.4767×10^{-2}
2.00	3 557	2.3165×10^{-1}
3.00	2 415	4.7126×10^{-1}

$$\alpha = 3.2790 \times 10^{-4} \quad \beta = 4.1364 \times 10^{-6}$$

The relationship between aberration yield and exposure doses has been analysed, using the square function $y = \alpha D + \beta D^2$. There's obvious a very close dependence of dicentric frequency per cell and radiation dose.

This calibration data can be used in radiological protection for biological estimation of absorbed dose uniform whole body radiation.

This work was supported by IAEA Contract No 3185.

Literatura

1. D.C.Lloyd, A.A.Edwards, J.S.Prosser, J.E.Moquet and P.Finnon: Doses in Radiation Accidents Investigated by Chromosome Aberration Analysis, NRPB - R 176,(1985) p. 1-20.
2. A.Bianco: Biological Dosimetry - Recent Advances and Trends for the Future, XI Regional Congress of IRPA, Vienna (1983), Proceedings, Vol 1, p. 239-244.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. juna 1985.

Marković B., Jeksić G., Dedić S., Jeremić M. i Panov D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu

"Dr Dragomir Karajević", Beograd

PERZISTENCIJA HROMOZOMSKIH ABERACIJA PRI AKCIDENTALNOM OZRAČIVANJU SA ^{192}Ir

Rezime: U radu se prikazuju rezultati ispitivanja hromozenskih aberacija tokom dve godine od akcidentalnog ozračivanja Ir-192 početne jačine 296 GBq. Procenat ukupnih strukturalnih hromozomskih aberacija dostiže maksimum u petom mesecu nakon akeidenta, zatim opada, da bi opet blago porastao u poslednjim mesecima istraživanja.

Uvod

Pri akcidentalnim ozračivanjima analiza hromozomskih aberacija predstavlja najpozdaniji parametar primljene doze. Akcidentalna ozračivanja su najčešće neuniformna, što znači da se nivo hromozemskih aberacija može pratiti duže vreme, jer se jedino na taj način može utvrditi srednje apsorbovana doza.

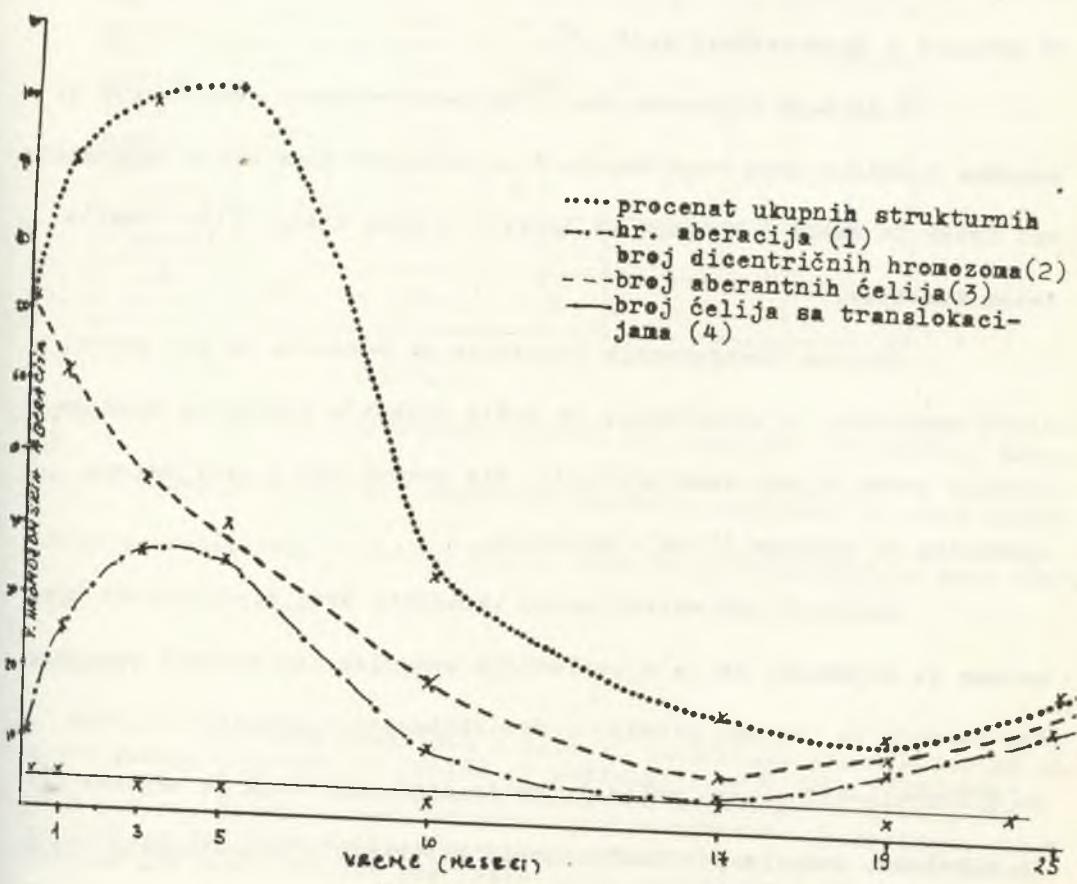
Materijal i metode

Citogenetska analiza hromozomskih aberacija radjena je SUDR tehnikom(1). Kulture ćelija gajene su u RPMI medijumu uz dodatak 15% autologog seruma i 2% fitohemaglutininina (Wellcome). Fiksacija hromozoma obavljena je na 45 sati. Hromozomske aberacije ispitani ka M.L. kontrolisane su u 8 vremenskih intervala. Svaki put analizirano

je najmanje 200 metafaza u prvoj in vitro deobi.

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja hromozomskih aberacija prikazani su na grafiku 1 i tabeli 1.



Grafik 1.

Iz grafika se vidi da broj aberantnih ćelija opada sa vremenom posle ekspezicije, da bi opet blage porastao u poslednjim mesecima ispitivanja. Procenat ukupnih struktturnih hromozomskih

aberacija destiže maksimum u petom mesecu nakon akcidenta. S obziren da su akcidentalnae zračivanja najčešće neuniformna, a masa i volumen ozraženog tkiva, kao i broj limfocita u njima najčešće nepoznati(2), svakve variranje hromozomskih aberacija ukazuje da se same na osnovu dužeg ispitivanja nivoa hromozomskih aberacija može dati procena o apsorbiranoj dozi (3).

U slučaju akcidenta sa ^{192}Ir neuniformnost ozračivanja je posebno izražena zbog toga što je M.L. nekoliko dana nosio radioaktivni izver sa sobom (u džepu od odela), i tako znatno više ozračio jedan dio tela.

Analiza hromozomskih aberacija je pokazala da pet meseci nakon akcidenta, u cirkulaciji se našla frakcija limfocita koja je primila veoma visoku dozu zračenja, što potvrđuje i radijaciona opekotina II stepena 15 cm u prečniku.

Godinu i pet meseci nakon akcidenta broj dicentričnih hromozoma je najmanji, da bi u poslednjim mesecima ispitivanja porastao što ukazuje na izvesnu ritmiku u recirkulaciji limfocita (4). Tada se u cirkulaciji ponovo našla frakcija limfocita koja je najviše bila ozračena, samo je procenat ukupnih strukturalnih hromozomskih aberacija znatno niži (20%). Kriva 1, koja se odnosi na % ukupnih struk. hromoz. aberacija, prati krivu 2 koja prikazuje % dicentričnih hromozoma. Vidi se da broj aberantnih ćelija opada (kriva 3), dok je broj ćelija sa translociranim hromozomima relativne konstante (kri-

210.

va 4). Na tabeli 1 prikazana je distribucija dicentrika po čeliji u svim vremenskim intervalima ispitivanja.

Vreme uzimanja uzorka	Broj aberantnih čelija	Distribucija dicentrika						
		•	1	2	3	4	5	6
Dva dani	67	189	11					
Jedan mesec	61	176	20	2				
Tri meseca	46	164	14	4			1	1
Pet meseci	44	166	19	6	1			
Deset meseci	20	191	9					
1 god. i 5 meseci	7	197	3					
1 god i 9 meseci	12	182	4	2				
2 god. i 1 mesec	16	194	2	1	3			

Tabela 1.

Broj čelija sa više dicentrika najveći je u periodu 3-5 meseci, kada je i % ukupnih struk. hr. aberacija najveći. Limfociti sa više dicentrika predstavljaju frakciju čelija koja je primila najveću dozu zračenja.

Summary

This work describes a case of accidental irradiation of engaged gamaradiography by Ir-192 of activity of 296 GBq. Chromosome aberrations in Ly of peripheral blood was investigated during two year period. Total percent of structural chromosome aberrations reach on 101% in the 5-th month after accidentally irradiation, than slowly decrise and reach on 2% two years after accidentally irradiation.

Literatura

1. Perry P.E. and Wolff., Nature, 251, 1974, 156-158.
2. Evans H.J. in Effect of ionising radiation on mammalian chromosomes and Cancer, ed.J. German, John Willey and sons, New York, 1974
3. Sharpe H.B.A. Int.J. Radiat., 42, 1969, 943-944.
4. Osgood E.E., Blood, 9, 1954, 1141-1154.

320.
XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. juna 1985.

Joksić G., Marković B., Jeremić M., Tomašević M. i Minevski Z.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu

"Dr Dragomir Karajović" , Beograd

HROMOZOMSKE PROMENE U PROFESIONALNOJ EKSPOZICIJI

Rezime: Citogenetskim i dozimetrijskim ispitivanjem obuhvaćena je grupa ispitanika koja radi sa otvorenim izvorima zračenja. Biodozimetrijska procena ukazuje da vrednosti primljenih doza iznose 0-280 mGy.

Uvod

Primena radionuklida u nas odvija se više od 25 godina. Počelo se sa radionuklidom ^{131}I , koji je bio korišćen za ispitivanje štitaste žlezde, da bi se iz godine u godinu povećavao ne samo broj korišćenih radionuklida već i njihove aktivnosti. Aktivnosti radio-nuklida u laboratorijama za primenu "in vivo" naglo su se povećale naročito poslednjih godina kada je u rad uključen ^{99m}Tc . Radionuklid ^{99m}Tc danas se sve više koristi za ispitivanje skoro svih organa i sistema ljudskog organizma.

Povećane aktivnosti i povećan broj aplikacija uticao je i na znatno veće ozračivanje radnika u laboratorijama u kojima se vrši primena radionuklida u medicinskoj dijagnostici. Doze zračenja kojima se osoblje izlaže povećane su, posebno kod onih radnika koji pripremaju i apliciraju aktivnosti radiofarmaceutika sa ^{99m}Tc .

Prema procenama koje su date na osnovu dozimetrijskih merenja i podataka lične dozimetrije, mesečne doze zračenja za ove radionuklide mogu biti veće od dopuštenih vrednosti.

Iz tih razloga za grupu ispitanika laboratorije za prime-nu radionuklida uporedno su uradjena dozimetrijska merenja i citoge-netska analiza hromozomskih aberacija.

Materijal i metode

Citogenetska analiza hromozomskih aberacija radjena je BUdR tehnikom (1). Kultute ćelija gajene su u RPMI medijumu uz dodatak 15% autologog seruma i 2% fitohemaglutinina (Wellcome). Fiksacije hromozoma obavljen je na 45 i 52 sata. Po svakom ispitaniku analizirano je 200 metafaza u prvoj deobi na hromozomske aberacije i 30 ćelija u drugoj deobi na frekvencu izmena sestrinskih hromatida.

Rezultati i diskusija

Rezultati dozimetrijskih merenja i analize hromozomskih aberacija prikazani su na tabeli br.1.

redni br. ispitanika	lični dozimetar	nadjene hromozomske aberacije	SCE
1.	5,85	1 ring hromozom 5 acentričnih fragmenata 4 hromozomska prekida	4,6
2.	0,99	2 acentrična fragmenta 1 hromozomski prekid	7,2
3.	0,92	1 acentrični fragment 2 hromozomska prekida	4,8
4.	0,71	1 dicentrični hromozom 1 translokacija 3 acentrična fragmenta 3 terminalne delekcije	7,4
5.	0,50	1 dicentrični hromozom 1 pericentrična inverzija 1 acentrični fragment	10,5
6.	0,50	4 acentrična fragmenta 4 hromozomska prekida	6,3
7.	0,23	2 dicentrična hromozoma 1 pericentrična inverzija 2 acentrična fragmenta 2 hromozomska prekida	5,9

Tabela br.1

Od navedenih ispitanika samo u jednog (redni br. 1),

skoro svakog meseca se registruju doze zračenja koje su znatno veće od dopuštenih vrednosti, što je posledica velikog broja aplikacija i rada sa generatorima 1,85 GBq.

Rezultati analize hromozomskih aberacija pokazuju drugaćiju gradaciju u odnosu na dozimetrijske podatke, tj. ispitanik sa rednim brojem 7, prema podacima fizičke dozimetrije je primio najmanju dozu zračenja, dok citogenetska analiza pokazuje čitav spektar promena, te je prema "težini" hromozomskih aberacija ova osoba na prvom mestu.

Slični podaci opisani su i u literaturi (2,3), Najnovija istraživanja o efektima malih doza jonizujućeg zračenja na biološki materijal pokazuju da se može odrediti primljene doza na osnovu biodozimetrijske krive za male doze zračenja (4).

Primljene doze za naše ispitanike iznose 0-280 mGy, a prikazane su na tabeli br.2.

redni br. ispitanika	procenat dicentričnih hromozoma	doza zračenja	procenat ukupnih struk. hr. aberacija	doza zračenja
1.	/	/	3%	240 mGy
2.	/	/	1%	20 mGy
3.	/	/	0,5%	/
4.	0,5%	100 mGy	3,5%	280 mGy
5.	0,5%	100 mGy	1,5%	80 mGy
6.	/	/	2%	130 mGy
7.	1%	220 mGy	2,5%	220 mGy

Tabela br. 2

Doze zračenja mogu se odrediti prema procentu dicentričnih hromozoma i prema procentu ukupnih strukturalnih hromozomskih aberacija. Kako je dicentrični hromozom najpouzdaniji parametar da je ćelija ozračena (5), to je procena doze na osnovu dicentri-

čnih hromozoma egzaktnija. Medjutim, procena doze na osnovu ukupnog procenta strukturalnih hromozomskih aberacija je veoma značajna u profesionalnoj ekspoziciji, jer su u pitanju male doze zračenja i dicentrični hromozomi se relativno retko nalaze.

Za tri naša ispitanika (redni br. 4,5 i 7) biološka procena se može uraditi na osnovu jednog i drugog parametra. Kod ostala četiri ispitanika (red.br. 1,2,3 i 6) primljena doza zračenja se može proceniti samo na osnovu ukupnog procenta hromozomskih aberacija.

Ovi rezultati ukazuju na značaj biodozimetrije u kontroli osoba koje su profesionalno izložene dejstvu jonizujućeg zračenja, posebno kod otvorenih izvora zračenja gde postoji mogućnost i za internu kontaminaciju radionuklidima. Lična dozimetrija je pri tome pokazatelj lokalnog ozračivanja, dok analiza hromozomskih aberacija pokazuje biološki efekat hroničnog izlaganja zračenju malih doza.

Abstract

Dosimetry and cytogenetic dosimetry investigations were performed in group of workers occupationally exposed to ionising radiation. Biodosimetry investigations show that dose estimates were in the range 0-280 mGy. These data are compared with data obtained by physical dosimetry.

Literatura

- 1.Perry P.E. and Wolff S., Nature,251,1974,156-158.
- 2.G.W. Dolphin, D.C.Lloyd, R.J.Purrott,NRPB (1973).
- 3.D.C.Lloyd, R.J.Purrott, J.S. Prosser, NRPB (1981).
4. J.Pohl-Ruling,P.Fisher,K.E.Buckton, A.T.Natarajan,N.O.Bianchi, D.C.Lloyd,T.Sharma, IAEA,SM-266/4 (1983),171.
- 5.UNSCEAR Report 1969, General Assembly, 24th Session, Suppl 13
(a)7 613, 98.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10 - 13. lipnja 1985.

Horgas G. i Spaventi Š.

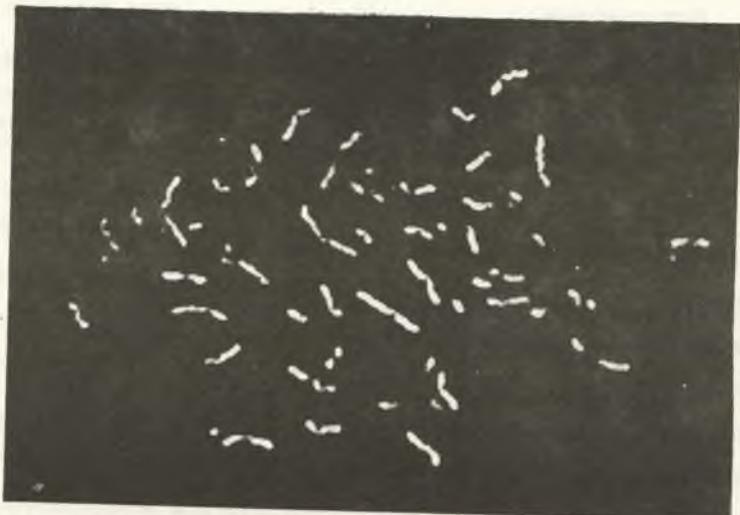
Klinika za nuklearnu medicinu i onkologiju, "KB Dr M. Stojanović", Zagreb

VRIJEDNOST SCE(sister chromatid exchange)TEHNIKE U OTKRIVANJU OŠTEĆENJA KROMOSOMA STANICA IZLOŽENIH IONIZACIJSKOM ZRAČENJU IN VIVO

Sažetak: U 15 bolesnika sa diferenciranim karcinomom štitnjače izračunavali smo individualne radijacijske apsorpcijske doze u perifernoj krvi nakon primjene ablacijskih doza 131-I u svrhu liječenja. Brojanje SCE u perifernim limfocitima vršeno je prije i dva puta nakon primjene radiojoda. Dobiveni rezultat upućuje na zaključak da SCE tehnika nije dovoljno osjetljiva metoda za ocjenu oštećenja kromosoma nakon izlaganja stanica ionizacijskom zračenju.

Uvod

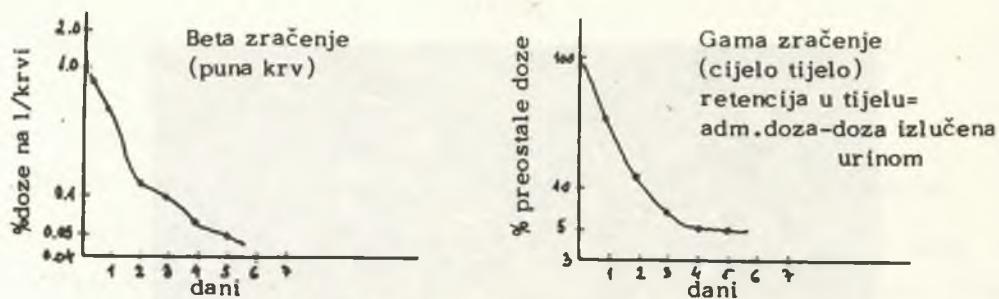
SCE je dogadjaj koji podrazumjeva lom u obje kromatide kromosoma na koincidentnim lokusima, a posljedica je međusobna razmjena i popravak. Lomovi kromatida prije stvaranja SCE formacije posljedica su vjerojatno identičnih zbivanja koja se dešavaju kod "nezacjeljenih" lomova kromatida, kromosomskih translokacija i mejotskog cross overa(1). Lako je nerazjašnjen točan molekularni proces koji dovodi do stvaranja SCE formacije, postoji dovoljno argumenata koji govore u prilog tome da se radi o procesu vrlo bliskom rekombinacijskom popravku DNK(2). SCE se uočava u metafazom kromosomu nakon supstitucije timina analogom baze bromdeoksiuridinom poslije dvije uzastopne S faze staničnog ciklusa, a broj se kreće u somatskoj stanici čovjeka (zdravog) u rasponu od 6-10 (slika 1). U liječenju diferenciranog karcinoma štitnjače dolazi do znatnog ozračenja cijelog tijela nakon primjene ablacijskih doza 131-I. Ako pri tome limfocite u periferiji smatramo "staničnim dozimetrima" koji se kreću cijelim tijelom primajući reprezentativne radijacijske apsorpcijske doze(RAD), na njihovim metafaznim kromosomima možemo pratiti promjene koje se događaju tokom liječenja radiojomodom. Željeli smo ovim istraživanjem na temelju izračunavanja individualne RAD u krvi i broja novonastalih SCE formacija u limfocitima periferne krvi ocjeniti vrijednost SCE testa u otkrivanju oštećenja kromosoma izazvanih ionizacijskim zračenjem in vivo.



Slika 1. SCE u metafaznim kromosomima limfocita čovjeka

Ispitanici, materijal i metode

Ispitivanje je vršeno u 15 bolesnika (11 žena i 4 muškarca, nepušači) nakon totalne kirurške ablaciјe štitnjače zbog visokodiferenciranog karcinoma. U svih ispitanika prije primjene ablacijske doze 131-J u rasponu od 3-3,7 GBq, dijagnostičkim je postupkom bilo dokazano nakupljanje radiojoda u prednjoj vratnoj regiji kao znak djelomičnog ostatka tkiva štitnjače. Brojanjem frekvencije SCE u 10 zdravih ispitanika dobivene su bazalne vrijednosti od $6,57 \pm 2,93$ (u 10×50 kompletnih metafaza s očitim harlekinskim prikazom kromosoma) izmjena za laboratorij u kojem je vršeno ispitivanje. Uzorci periferne krvi za brojanje SCE uzimani su u 3 navrata - prvi prije, drugi jedan dan a treći sedam dana poslije aplikacije 131-J. Kulture stanica radjene su modificiranim Moorheadovom metodom (3), uz dodatak $10 \mu\text{g}/\text{ml}$ 5-Bromodeoxyuridina (calbiochem), kromosomi su bojeni $0,005\%$ acridin orangeom (4) a mikroskopiranje je vršeno fluorescentnom mikroskopijom (Auflicht Fluorescenz nach Ploem). Izračunavanje RAD u krvi nakon primjene 131-J vršeno je po metodi R. Benuae (5). Mjerena radioaktivnost u 6 uzoraka krvi u toku 5 dana za određivanje doprinos beta-zračenja, i u 24-satnim porcijama urina kroz 5 dana za određivanje doprinosa gama-zračenja, davala su minimum potrebnih podataka za matematičku obradu. Mjerjenje je vršeno u jednokanalnom scintilacijskom brojaču sa "well" detektorom, a prilagodjavanje podataka (fitting) na eksponentijalne krivulje i računanje površina ispod njih radjeno je uz pomoć računara PDP 11/34 (slika 2).



Slik 2. Krivulje opaženih vrijednosti za beta i gama zračenje
(ispitanik br.4 , 3,0 GBq 131-J)

Rezultati i rasprava

Najveća RAD u krvi kod prethodne aplikacije 3,0 GBq 131-J izmjerena je u bolesnika 2(72,8 cGy) a najmanja u bolesnika 13(34,2 cGy). Kako distribucija SCE kod ispitanika ne prati normalnu raspodjelu rezultata, Wilcoxonovim testom ekvivalentnih parova vršena je ocjena i nadjeno je statistički značajno povećanje broja SCE u oba mjerjenja (prosječno + 2,56 i 2,64 izmjene po stanici) nakon primjene radiojoda prema bazalnim SCE vrijednostima. Nije nadjena značajna razlika broja SCE medju mjerenjima vršenim nakon početka liječenja. Također nema statistički značajne korelacije rangova izmedju visine RAD u krvi i broja SCE opaženog jedan dan nakon i sedam dana nakon početka liječenja (tablica 1).

Tablica 1. Pregled rezultata RAD i SCE⁺ (⁺ukupan broj u 50 metafaza/ispitanik)

Bolesnik	GBq/131-J	RAD/cGy	Broj SCE		
			Bazalno	24 sata	7 dana
1. M.S.	3.7	46.1	360	427	456
2. B.L.	3.0	72.8	368	443	494
3. B.B.	3.7	48.3	438	483	488
4. D.B.	3.0	34.7	343	471	496
5. M.F.	3.0	37.1	353	499	501
6. K.D.	3.7	37.8	414	433	432
7. M.LJ.	3.3	39.6	353	439	426
8. B.J.	3.7	36.1	384	422	454
9. L.D.	3.0	41.2	305	486	492
10. O.I.	3.7	43.1	398	446	465
11. S.H.	3.7	54.2	341	518	488
12. L.J.	3.7	42.5	304	473	479
13. N.K.	3.0	34.2	332	486	430
14. P.D.	3.7	61.3	310	476	435
15. L.B.	3.0	35.4	306	477	484

Rezultat ovog istraživanja nije moguće usporediti sa rezulatima drugih autora jer istraživanja na sličnom modelu nisu vršena. Perry i Evans izvještavaju o udvostručenju broja SCE u in vitro ozračenim limfocitima rentgenskim zrakama dozom od 400 cGy(6). Drugi autori navode porast broja SCE od 2,9 izmjene po stanici na 100 cGy RAD in vitro. U naših bolesnika RAD je bila podjednako raspoređena u krvi, to jest u mediju iz kojeg su uzimane stanice za ispitivanje. Radilo se o relativno visokim dozama zračenja kojima prosječna humana populacija nikada nije izložena, osim pojedinaca u specifičnim uvjetima. Nije nadjena korelacija individualne RAD u krvi i novonastalih SCE, pa se može zaključiti da brojanje SCE vjerojatno ne osigurava dovoljno senzitivan sistem detekcije izlaganja manjim dozama ionizacijskog zračenja.

Abstract: Value of Sister Chromatid Exchange Technique in Detection of Chromosome Damage Caused by Ionizing Radiation in Vivo

Individual radiation absorption dose in peripheral blood after application of ablation doses of ^{131}I were estimated in 15 patients with well differentiated thyroid carcinoma. Counting incidence of SCE in peripheral lymphocytes was performed prior to and twice after radioiodine treatment. Obtained data suggest that counting incidence of SCE probably does not provide a sensitive system for detecting ionizing radiation exposure in vivo.

Literatura:

1. Latt,S.A.:Localisation of SCE in human chromosomes. *Science*, 185(1976)74.
2. Kato,H.:Spontaneous SCE detected by a BrdU labelling method. *Nature*, 251(1974) 70.
3. Moorhead,P.S.:Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Exp.Cell Res.*, 20(1960)613.
4. Dutrillaux,B.,Lejune,J.:New techniques in the study of human chromosomes: Methods and applications. *Adv.in Human Gen.*, 5(1975)119.
- 5.Benua,R.S.:The relation of radioiodine dosimetry to results and complications in the treatment of metastatic thyroid cancer. *Am.J.Roentgenol.*, 87(1962) 171.
6. Perry,P.,Evans,H.J.:Cytological detection of mutagen-carcinogen exposure by sister chromatid exchange. *Nature*, 258(1975) 121.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13.06.1985. godine

Hasanbašić Danica, Z.Milošević, R.Kljajić, Horšić Emilia,
Z.Vukotić, Šaćirbegović Almasa.

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

RANA DIJAGNOSTIKA AKUTNE RADIJACIONE BOLESTI KOZA
Kratak sadržaj:

Ispitivani su parametri rane dijagnostike akutne radijacione bolesti koza. Nivo trombocita i leukocita te broj hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi ispitivan u vremenu prodromalne faze radijacionog sindroma kod poluletalnog ozračenih koza. Ova ispitivanja mogu poslužiti kao rana dijagnostička metoda za ocjenu veličine biološkog oštećenja izazvanog X zračenjem velike energije (4. MeV).

UVOD

Dosadašnja ispitivanja rane dijagnostike akutne radijacione bolesti nisu dala adekvatne rezultate i prave parametre. Bazirala su se uglavnom na praćenju hematološkog statusa i biohemijskih promjena u krvi (1,3). Poznata izražena leukopenija i trombocitopenija kod akutno ozračenih životinja ukazuje na radisenzitivnost ovih ćelija. Post radijaciona trombocitopenija jedan je od najvažnijih faktora u nastanku i razvoju postradijacionog hemoragičnog sindroma. Međutim i ispitivanje hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi služi kao osjetljiv i pouzdan biodozimetar primljene doze kod akutne, naročito akidentalne, elspozicije cijelog tijela zatvorenim ili otvorenim izvorima ionizirajućeg zračenja (2, 4, 5).

Ovim radom smo htjeli vidjeti dali ova dva hematološka parametra kao i biodozimetrijski podaci mogu poslužiti za ranu dijagnostiku akutne radijacione bolesti kod koza, jer dosadašnja dugogodišnja istraživanja i ispitivanja (veoma velikog broja parametara) radijacione bolesti velikih eksperimentalnih životinja (koza) nam na to ukazuju.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su vršena na kozama autohtone pasmine iz Hercegovine. Prije ozračivanja sve životine su bile klinički, hemato-loški pregledane i izvršena im je biodozimetrijska kontrola, kako bi se ustanovilo zdravstveno stanje životinje prije zračenja.

Tabela 1. Eksperimentalni tretman životinja.

Broj životinja	12
Vrsta životinja	koze
Pol	muški
Prosječna starost	dvije godine
Prosječna tjelesna težina	26 kg
Način ozračivanja	bilateralno po 50 % doze
Uredjaj za ozračivanje	linearni akcelerator 4 MeV
Data doza (Gy)	2,40
Vrijeme ekspozicije	24 minute
Dozimetrijska kontrola	TLD, FARMER, DL M 3
Klinički pregled	svakodnevno
Hematoški pregled	0, 24 i 72 sata
Biodozimetrijska kontrola	0, 24 i 72 sata

Hematoški podaci dobiveni su standardnim metodama. Leukociti pomoću automatskog brojača čestica (Cell counter), trombociti brojanje po Foniju i Lündinu-Feisslly, a biodozimetrijski podaci dobiveni su modifikovanom metodom Moorhead-a i saradnika.

REZULTATI I DISKUSIJA

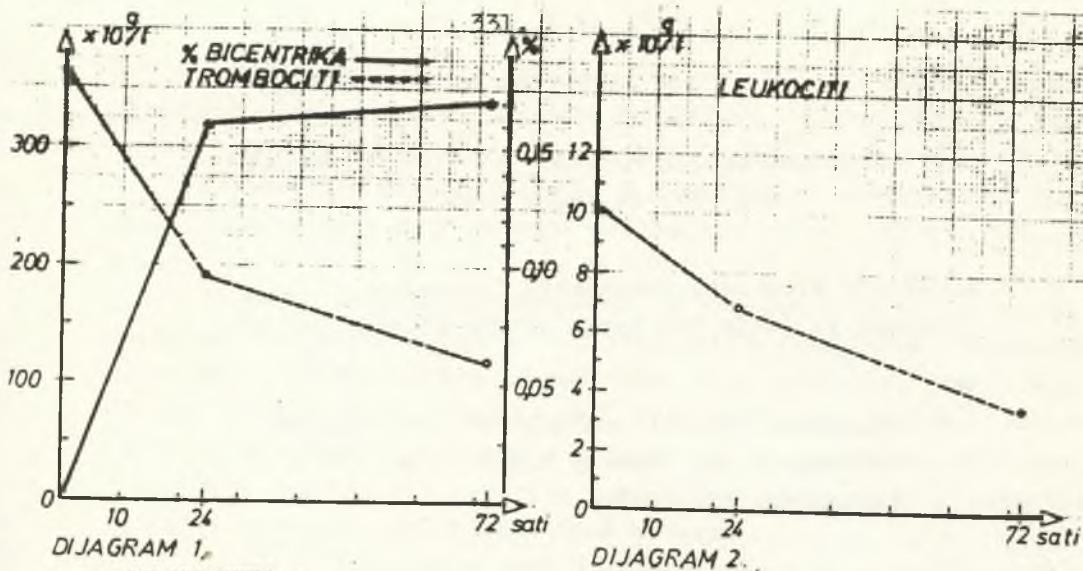
Razvoj ARS-a nakon ozračivanja visokim dozama zračenja odvija se u tri poznate faze bolesti. Prva faza se ne odlikuje nekim specifičnim simptomima za ARS i predstavlja latentni period razvoja bolesti. Zato je značajno da se u ovom periodu, zbog važnosti brze trijaže i preduzimanja mjera liječenja, odrede parametri koji su karakteristični za ARS.

Iz dijagrama 1 i 2 se vidi da postoje značajne razlike u vrijednostima trombocita, bicentrika i leukocita. Broj trombocita prije zračenja iznosio je $365 \times 10^9/l$, 24 sata nakon zračenja $190 \times 10^9/l$, a 72 sata $119 \times 10^9/l$. Nakon ozračivanja broj trombocita naglo opada. Njihova vrijednost u toku prva 24 sata pada za polovinu od prvobitnog broja. Broj leukocita prije ozračivanja iznosio je $10,16 \times 10^9/l$, 24 sata $6,91 \times 10^9/l$ a 72 sata $3,67 \times 10^9/l$. Od svih numeričkih i struktturnih lezija (hromatidnih i hromozomskih), za ispitivanje rane diagnostike ARS-a kod koza od najveće važnosti su bicentrići, jer je poznata njihova ovisnost od doze zračenja. Kod neozračenih životinja nije nadjen ni jedan bicentrik. Iz dijagrama 1 uočljivo je da nakon ozračivanja naglo raste broj bicentrika u toku prva 24 sata, a zadržava se i trećeg dana. Pouzdanost ovih rezultata proizlazi iz dovoljno velikog broja analiziranih ćelija u mitozi (200 - 500).

Dobijeni rezultati ukazuju da je na osnovu hematološkog statusa i hromozomskih lezija moguće već unutar 24 sata po ozračivanju diagnosticirati akutno ozračivanje, jer su promjene ovih parametara signifikantne i karakteristične za ARS.

ZAKLJUČAK

Leukociti i trombociti sami kao pokazatelji ne mogu se uzeti u obzir za ranu dijagnostiku ARS-a, međutim zajedno sa biodozimetrijskim pokazateljima mogu poslužiti za ranu dijagnostiku kod visokih doza ozračivanja.



LITERATURA :

1. Kljajić R., Horšić E., Hesenbašić D., Milošević Z. Veterinarska Vol. 31, 3, 385, 1983.
2. Milošević Z., Horšić E., Kljajić R., Selak I., Marković Z. Veterinarska Vol. 31, 3-4, 373, 1982.
3. Petrović B. i Šamac H. Veterinarska Vol. 31, 3-4, 1982.
4. Črnjivec R. in Modic S. XII Simp. Jug. o zaštiti od zračenja, Ohrid 1983. god.
5. Hesenbašić D., Milošević Z., Horšić E., Kljajić R. XII Simp. o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983. god.

SUMMARY :

EARLY DIAGNOSIS OF RADIATION DISEASE IN GOATS

Summary - The parameters of early diagnosis of acute radiation disease were examined in goats. The Level of thrombocytes and leukocytes, then the number of chromosome aberrations in lymphocytes of peripheral blood were investigated in prodromal phase of radiation syndrome in semi-lethally irradiated goats.

Such a diagnosis may be used for evaluation of the extent of biological damage caused by X-irradiation of high energy (4MeV).

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985.g.

Gnjatović Slobodan, Stojanović Dragoslav
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

IZLAGANJE OKOLINE JONIZUJUĆEM ZRAČENJU OD
PACIJENATA KOD PRIMENE TEHNECIJUMA 99m U
NUKLEARNOJ MEDICINI

Rezime

U ovom radu su prikazani rezultati izlaganja zračenju od pacijenata tretiranih u nuklearnoj medicini sa radionuklidom tehnečijum 99m . Pacijenti su posmatrani kao mobilni izvori jonizujućeg zračenja koji ozračuju okolinu u zavisnosti od apliciranih aktivnosti u određjenom vremenu.

Dobijeni kvantitativni rezultati o jačinama ekspozicionih doza zračenja u funkciji nivoa aplicirane aktivnosti i rastojanja od pacijenta ukazuju na određenu radijacionu opasnost po okolini koja nije zanemarljiva.

Uvod

Pacijenti kojima su aplicirani radionuklidi u nuklearnoj medicini, iako predstavljaju pokretne izvore jonizujućih zračenja, koji ozračuju i eventualno kontaminiraju okolinu, ne podležu zakonskim propisima iz oblasti zaštite od zračenja.

Kao "mobilni izvori zračenja", od momenta primanja radionuklida, pacijenti se slobodno kreću i ponašaju u kući, radnoj i životnoj sredini. U tim sredinama oni predstavljaju radijacionu opasnost od značaja. Ovaj aspekt nije, do sada, u nas odgovarajuće razmatran.

Cilj našeg rada je da ukaže na određen radijacioni rizik koji je prisutan.

Rezultati ispitivanja

Izloženost jonizujućem zračenju od pacijenata tretiranih sa tehnečijumom 99m utvrđivana je za različite aplicirane aktivnosti

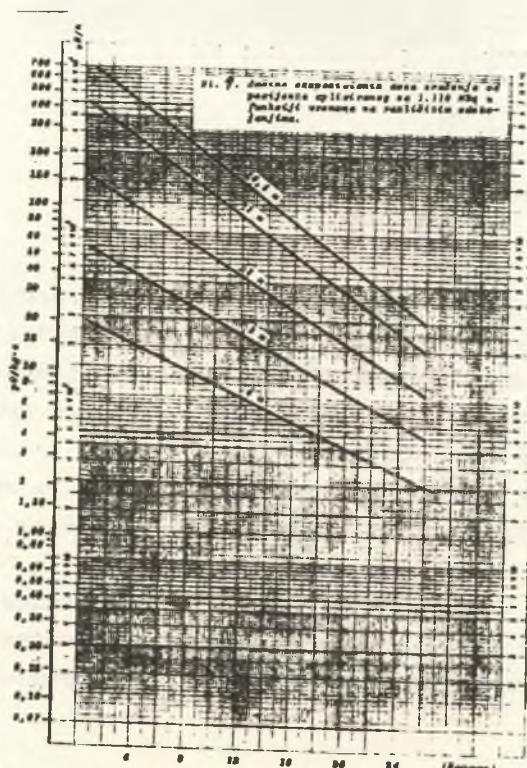
pri raznim procedurama, a pacijenti posmatrani kac izvori zračenja odredjene aktivnosti nezavisno od procedure, odnosno njihove veličine i mase.

Izabrane su karakteristične i najčešće vrednosti nivoa apliciranih aktivnosti koje se daju pacijentima i to: 37, 74, 148, 740 i 1.110 MBq.

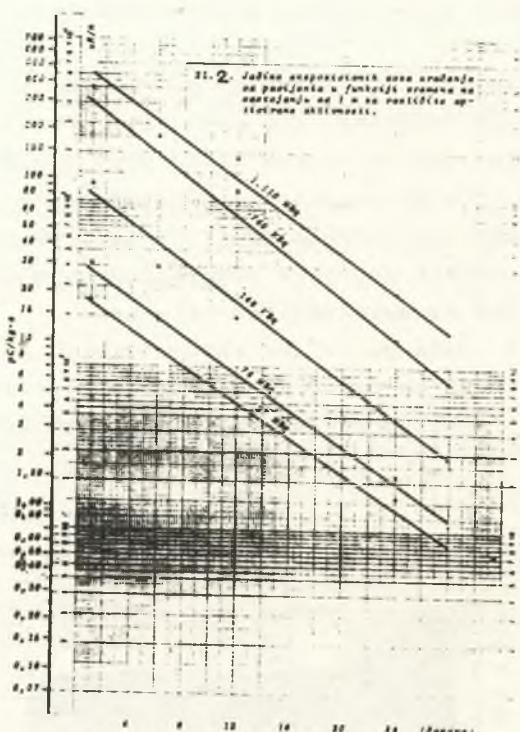
Za svaku apliciranu aktivnost po pacijentu, izvršen je niz merenja, pod istim uslovima, kod različitih pacijenata. Merena radijaciona veličina-jačina ekspozicionih doza zračenja, posmatrana je kao funkcija više promenljivih: rastojanja od pacijenta, vremena koje je proteklo od momenta apliciranja i aplicirane aktivnosti.

Zbog ograničenog prostora izabrali smo, od brojnih rezultata, za prikaz samo dva karakteristična primera.

Na slici 1. date su jačine ekspozicionih doza zračenja od pacijenata apliciranih sa 1.110 MBq (najveća pojedinačna aktivnost koja se daje) u funkciji vremena na različitim odstojanjima.



Na slici 2. date su jačine ekspozicionih doza zračenja od pacijenta u funkciji vremena, na odstojanju od 1 m, za odabране različite aktivnosti.



U razmatranju koliko je radijaciono opterećenje okoline od pacijenta, moguće je konstatovati da je ono naročito izraženo u prvim časovima nakon apliciranja većih nivoa aktivnosti, u neposrednoj blizini pacijenta, kada jačine ekspozicionih doza zračenja doстижу vrednost od više stotina pC/kg·s.

U tom prvom vremenskom periodu, izloženi su medicinsko osoblje koje vrši dijagnosticiranje, ostalo medicinsko osoblje i drugi pacijenti.

U kasnijem vremenskom periodu vrednost jačine doza opada, ali se broj izloženih osoba povećava, gde pored navedenih dolazi do izlaganja zračenju i pojedinaca iz različitih populacija stanovništva.

Zaključak

Dobijeni kvantitativni podaci o jačinama ekspozicionih doza

zračenja u funkciji nivoa aplicirane aktivnosti, proteklog vremena i rastojanja od pacijenata, ukazuju na odredjenu radijacionu opasnost po okolinu i nužnost svecuhvatnog sagledavanja i rešavanja problema.

ABSTRACT

EXPOSURE DOSE OF THE IONIZING RADIATION IN THE ENVIRONMENT OF THE PATIENT DUE TO APPLICATION OF TECHNETIUM 99m IN NUCLEAR MEDICINE

In this paper are given results of the exposure from patients treated in the nuclear medicine with radionuclide technetium-99m. Patients were considered as mobile sources of ionizing radiation, which irradiate the surrounding area depending on the applied activity for a given time.

Obtained results for the exposure dose rate as a function of the applied activity and distance from the patient, show that there exist a nonnegligible radiation risk in the surrounding area.

Alunić Lj. 429, 247
Andonovski B. 369
Anovski T. 108, 369, 543

Baćić S. 597, 601
Bakić J. 747
Banović M. 217
Basrak J. 412
Bauman A. 33, 54, 58, 66, 92, 141
Begović J. 225, 581
Benderać R. 695
Besarabić M. 252, 258
Bikit I. 650
Bojović T. 42, 115
Boreli F. 621, 629, 633, 675, 679, 704, 537
Bötter-Jensen L. 352
Brajnik D. 74
Bronić J. 511
Brnović R. 100, 137, 163
Budiselić B. 277
Bujan M. 585
Bunčić S. 123

Cerovac H. 33, 434
Cesar D. 33, 54, 141
Christensen P. 348

Čizmić S. 201
Čremošnik-Pajić P. 248, 754
Ćosić M. 201

Deanović Ž. 217, 268
Dedić D. 159
Despotović Lj. 585
Despotović R. 585
Dodić S. 232, 316
Draganić B. 454
Draganović B. 605, 736
Drašković R. 391
Dražić G. 361, 485
Dresto B. 301
Drljević A. 301
Drndarević V. 687
Držaj B. 554
Duftschmid K.E. 365
Dugonjić B. 365
Dujmović M. 277
Dvornik I. 289, 365, 369, 437, 449, 485, 490, 502

Đoković V. 716
Đorđević V. 178, 233
Đorđević Z. 216
Đukić Z. 758, 759
Đurakić D. 577
Đurić G. 123, 159, 458
Džambasević M. 305

Elkind M. 725
Elenksi D. 104
Emanović D. 190, 193

Ferle-Vidović A. 221

Filipović-Vinceković N. 589

Franić Z. 66, 92

Gačević M. 581
Gaćina T. 437
Garaj-Vrhovac V. 312
Glišović D. 621, 629, 704
Glodić S. 416
Gnjatović S. 332
Goldoni J. 743
Golubović N. 391
Gomerčić H. 190, 193
Granov A. 201
Grgić-Markulun Lj. 421, 454
Gršić Z. 50, 174
Gruden N. 213

Hadžievski Lj. 543
Hadžić D. 416
Hajduković D. 100, 529, 533
Han A. 725
Hasanbašić D. 111, 119, 205, 260, 328, 593
Hebrang A. 289, 437, 449
Hernaus E. 81, 127
Hill C.K. 725
Horgas G. 324
Horšić E. 25, 111, 119, 182, 205, 260, 328, 593
Horvat Đ. 312, 757
Horvatinčić N. 127
Hufnus R. 434

Ilić R. 374

- Jelušić L. 277
Jeremić M. 233, 237, 243, 316, 320, 755, 756
Jernej B. 217
Jevremović T. 46
Joksić G. 316, 320
Jonjić A. 277
Južnič K. 37, 554, 637
- Kačurkov D. 369, 543
Kadija K. 221
Kaljević J. 691
Kargačin B. 209
Kaučić S. 541
Kelečević Z. 716
Kljajić R. 21, 25, 111, 119, 182, 205, 260, 328, 593
Knežević Lj. 519
Kobal I. 62, 70, 89, 145, 637
Korbelik M. 229
Korenika Đ. 289, 437, 449
Korun M. 29, 70, 74, 637
Kos K. 190
Kostadinović A. 558
Kostial K. 209
Košutić G. 605
Košutić K. 96
Koturović A. 687
Kovač J. 58
Kovačević M. 663, 671
Krajcar-Bronić I. 81, 127, 151, 617
Kraljević P. 190, 193
Krmpotić Đ. 609
Kubelka D. 312
- Lazarević V. 621, 629, 633, 675, 704

Lazić S. 597, 601
Lelifanova L. 543
Likar A. 649
Lovasić I. 277
Lovašić Z. 515
Lulić S. 12, 77, 85, 96

Maračić M. 66, 141
Marinkov L. 650
Marković B. 316, 320
Marković P. 1, 165, 445, 495, 613
Marković S. 462,
Marković Z. 182
Marović G. 54
Martak M. 77
Martinčić R. 29, 149, 649
Martinić P. 264
Mašić N. 562
Matejčić M. 277
Meden S. 89
Mihailović M. 89
Mihađlov A. 256, 403
Mihalj A. 25, 111, 119, 593
Mihelić M. 485, 641
Mijatović Lj. 100, 137
Miklavžič U. 29, 74, 149, 485, 641, 649
Milaćić S. 233, 243, 237
Miličević S. 721
Milić A. 445, 683, 687
Milivojević K. 197, 573
Miljanović S. 365, 490
Milojević S. 165
Milošević Z. 25, 111, 119, 182, 205, 260, 328, 593
Milovanović A. 201

Minčeva B. 108, 543
Minevski Z. 281, 285, 320, 378, 381, 384, 388, 396,
400, 407, 466, 470, 478, 481
Mirić I. 609, 663, 667, 671, 676
Mitin V. 193
Mitrović M. 412
Mitrović R. 42, 115, 581
Mohar T. 70, 89
Molak B. 155
Momčilović B. 186
Musić S. 549
Mušanović M. 301

Naumovski T. 369
Nikezić D. 165, 445
Nikolovska L. 108, 369
Novak Lj. 178
Novaković M. 33, 434, 233

Obelić B. 151, 617
Obradović M. 683
Ocevski B. 369
Orlić M. 412, 629, 633, 691
Osmak M. 221, 725
Ostojić P. 716
Ožegović T. 260

Panov D. 178, 233, 316, 754
Patić D. 13, 50, 170

- Pavlović M. 243
Pavlović R.S. 537, 675, 679
Pejušković B. 577
Perhat V. 429
Petrović B. 42, 123, 159, 736
Petrović D. 441, 565
Petrović D. 221, 229
Petrović R. 403
Pirš M. 37
Pijasek G. 309
Planinić J. 169
Plavčić Ž. 499
Plećaš I. 558
Popović D. 458
Popovski S. 104
Prijatelj I. 529, 533
Prokić M. 336, 416
Pucelj B. 29, 70, 149, 649

- Račić J. 312
Radosavljević Ž. 474, 655, 659
Radotić M. 252
Radovanović R. 100, 131, 163, 281, 285, 297, 305, 708
Ranogajec-Komor M. 289, 369, 437, 449, 485
Rendić D. 221
Ristić D. 391, 695
Ristić Đ. 495, 613
Ristić B. 400
Rubinić M. 277
Rupnik Z. 641
Ružička I. 293

- Saračević L. 25, 111, 119, 593

Satalić P.	641
Savić M.	<u>248</u>
Schauer P.	229
Selak I.	<u>182</u>
Simonović J.	281, 285, 297, <u>708</u>
Slijepčević A.	<u>81</u>
Smiljanić N.	721
Smiljanić R.	<u>13</u> , 50, 170
Smodiš B.	62
Soldatović B.	729
Spasić V.	<u>625</u>
Spaventi Š.	324
Srdoč D.	<u>127</u> , 155, 617
Stanković S.	42, <u>115</u> , 581
Stegnar P.	<u>145</u>
Stojanov D.	<u>277</u>
Stojanović D.	197, 332, 573, <u>759</u>
Stojanović M.	621, 629, <u>633</u> , 704
Stojanović M.P.	474, 655, 659
Strinić S.	<u>301</u>
Strugar J.	754
Subotić B.	<u>507</u> , 511, 515
Suhar A.	229
Szabó P.P.	369

Šaćirbegović A.	328
Šimpraga M.	190, 193
Škofljanec M.	62
Škrk J.	229
Šmelcerović M.	<u>474</u> , <u>655</u> , <u>659</u>
Šobajić M.	<u>699</u>
Švalba B.	277

Talijančić B. 429

Tasić Ž. 237
Tiosavljević S. 425
Todorović D. 740
Tomašević M. 281, 285, 297, 320, 378, 381, 384, 388
396, 400, 407, 466, 470, 478, 481
Tomić B. 523
Tomljenović I. 365
Trajković M. 645
Trontelj M. 361
Turk V. 229

Ubović Ž. 645

Vasiljević Lj. 667
Vekić B. 369, 485, 502
Veličković D. 609, 663, 667, 695
Vertačnik A. 85
Vesković M. 650
Vidaković Z. 289, 437, 449
Višnjić V. 757
Vitale B. 264
Vojnović B. 523
Vojvodić V. 357
Volf D. 703
Voskrseński I. 421
Vrtar M. 454
Vučenik I. 264
Vujnić V. 378, 407
Vukčević M. 671
Vukelić M. 277
Vukotić M. 100, 131, 533
Vukotić Z. 205, 260, 328

Vuković S. 495, 613
Vuković Ž. 519, 597, 601

Zagorčić-Janković A. 729, 740
Zarić M. 2, 569
Zimonjić D. 729

Živković R. 225