

ZBORNİK DEL

XI. JUGOSLOVANSKEGA SIMPOZIJA
O ZAŠČITI PRED SEVANJI

Umetnik



PORTOROŽ,
21.-24. IV. 1981

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

ZBORNİK DEL

XI. JUGOSLOVANSKEGA SIMPOZIJA
O ZAŠČITI PRED SEVANJI

1. ZVEZEK



PORTOROŽ,
21.-24. IV. 1981

XI. JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ O ZAŠČITI PRED SEVANJI
HOTEL BERNARDIN, PORTOROŽ, 21. – 24.4.1981

Tehnična organizacija:

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Jamova 39

Organizacijski odbor:

T. Anovski, P. Cevc, P. Čremošnik-Pajič, J. Đurovič, M. Koželj, S. Lulič,
R. Maksić, M. Najžer, Ž. Pavlovič, M. Pirš, S. Polič, B. Simić, J. Slivnik,
P. Stegnar, M. Škantar, J. Štirn, M. Trontelj, H. Ukmata, B. Varl, Ž. Vuković

Sekretariat

I. Kopal, J. Kristan, M. Križman, M. Mihailović, U. Miklavžič

Tehnični odbor

B. Smodiš, A. Stanovnik, D. Ude, D. Zavrtanik

Uredniški odbor

Z. Đukić, M. Jeremić, I. Kopal, P. Marković, M. Mihailović, R. Radovanović

Razmnožila: DDU UNIVERZUM, Ljubljana 1981

V s e b i n a

	stran
1. ZVEZEK	
1. s e k c i j a: S P L O Š N A N A Č E L A Z A Š Č I T E P R E D S E V A N J I , E T I Č N A I N P R A V N A V P R A Š A N J A	1
1. M. Vidmar, M. Zarić: Predlog numeričkih vrednosti nivoa prihvatljivog ozračenja stanovništva i pojedinaca usled rada nuklearnih elektrana	3
2. P. Marković, D. Nikezić, Dj. Ristić: Diferencijalna cena - korist analiza za slučaj gradjevinskih materijala sa povišenom prirodnom koncentracijom radionuklida	11
3. M. Tomašević: Zakonski propisi o transportu radioaktivnih ma- terija i njihova primena u praksi	17
4. G. Hrušovar: Sanitarni nadzor nad izvajanjem aktivnoga zdrav- stvenega varstva delavcev, ki delajo z viri io- nizirajoćih sevanj	21
5. Dj. Bek-Uzarov, J. Vujić: Medjunarodni standardi naziva i oznaka fizićkih velićina i jedinica medjunarodnog sistema jedi- nica - SI u oblastima atomske, nuklearne, mole- kularne fizike, fizićke hemije, nuklearnih reak- cija i jonizujućih zraćenja	29
6. B. Katušin-Ražem, D. Ražem, I. Dvornik, B. Briski: Kontrola ozraćivanja namirnica i zaštita potro- šaća	35
2. s e k c i j a: R A D I O E K O L O G I J A	45
7. P.S. Bojović: Izveštaj o projektu "Zaštita od zraćenja"/1980	47
8. M. Zarić: Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizu- jućih zraćenja u okviru programa naućno istra- živaćke aktivnosti na zaštiti i unapređivanju prirode i ćovekove sredine u SR Srbiji	57

9. M. Mihailović, M.V. Mihailović,
M. Toplišek:
Predikcija aktivnosti ⁹⁰Sr u mleku iz
podataka o aktivnosti ⁹⁰Sr u padavinama 61
10. M. Vukotić, R.G. Radovanović:
Optimalnost monitoring sistema radioak-
tivnih aerosola u životnoj sredini 67
11. T. Anovski, B. Minčeva, D. Kačurkov,
P. Kirkov:
Doprinos studiji radioekologije reke
Vardar 73
12. S.S. Milojević, R.G. Radovanović,
P.D. Marković:
Model prenosa Sr-90 iz padavina i zemlji-
šta u vodu akumulacije "Grošnica" 79
13. R. Smiljanić, D. Patić:
Odredjivanje faktora spiranja radioaktiv-
nih materija iz vazduha analizom trajanja
padavina 87
14. Dj. Bek-Uzarov, Z. Djukić:
Procena apsorbovane doze zračenja od radio-
nuklida u organizmu stanovnika beogradskog
regiona 91
15. S. Popovski:
Ukupna beta radioaktivnost u površinskim
vodama u Makedoniji u periodu 1973-1980 95
16. A.H. Baha Al-Deen, S. Lulić, K. Košutić:
Odredjivanje Sr-90 brojenjem Sr-90 - Y-90
u ravnoteži 99
17. D. Brajnik, I. Kobal, U. Miklavžič,
M. Šeruga:
Nekateri vplivi radioaktivnosti pri pre-
delavi fosfatov na okolje 107
18. K. Južnič, M. Graunar:
Sorpcija radiocezija na ionško izmenjalni
koloni 109
19. P. Strugar:
Stvaranje C-14 u vazduhu usled nuklearnih
eksplozija 115
20. P. Marković, Dj. Ristić, D. Nikezić:
Doprinos ozračivanju stanovništva od
zračenja uslovljenog građevinskim
materijalima 121
21. D. Patić, R. Smiljanić, D. Stojanović:
Klase stabilnosti i prirodna radioaktiv-
nost vazduha 127
22. R. G. Radovanović, M. Džambasević:
Jonsko stanje u prizemnom sloju
atmosfera 133

	stran
23. Dj. Bek-Uzárov, J. Simonović: Difuzija radionuklida Cs-137 iz biosfere	137
24. S.S. Milojević, R.G. Radovanović: Prilog istraživanju zavisnosti specifične beta aktivnosti vode od enormno visokih padavina	141
25. L. Saračević, Z. Milošević, E. Horšić, R. Kljajić, A. Mihalj: Nivo aktivnosti Po-210 u uzorcima tla na području B i H	147
26. E. Horšić: Ispitivanje radioaktivnosti u nekim vrsta- ma riba rijeke Save	151
27. R.G. Radovanović, M. Vukotić, Lj. Mijatović: Klasifikacija mineralnih voda u odnosu na sadržaj prirodnih radionuklida	157
28. R. Kljajić: Nivo radioaktivnosti u mesu i kostima doma- će i divlje svinje	161
29. R. Mitrović, S. Stanković, J. Begović: Nivo radioaktivnosti u produktima veterinar- skog nadzora podrinjsko - kolubarskog regiona	165
30. Z. Milošević, E. Horšić, A. Bauman, R. Kljajić, L. Saračević: Konzentracija plutonija u nekim unutarnjim organima goveda u B i H	171
31. T. Fanka, G. Djurić: Izdvajanje cezijuma-137 pomoću natrijum- tetrafenilborata iz namirnica i hraniva	179
32. A. Bauman, J. Kovač: Godišnja doza koju prima stanovništvo SR Hrvatske hranom	185
33. A. Vertačnik, S. Lulić: Distribucija Cr-51, Co-60, Zn-65, J-131 i Cs-137 između morske vode i sedimenata	191
34. R. Martinčić, J. Marsel, U. Miklavžič, A. Stanovnik: Ekološki laboratorij z mobilno enoto	197
35. S.Mihailović: Veličine i jedinice koje se koriste u nuk- learnom oružju i detekciji i dozimetriji radioaktivnog zračenja	201

3. s e k c i j a :	ZAŠČITA PRED SEVANJI V JEDRSKI ENERGETIKI	209
36.	D. Hajduković: Parcijalni radijacioni rizik od inhalacije radona i njegovih kratkoživečih potomaka	211
37.	M. Kilibarda: Uticaj nivoa zapašenosti i radioaktivnosti na pojavu hroničnog bronhitisa i emfizema pluća u rudnicima uranijuma i drugim rudni- cima metala	217
38.	Č. Stanojlović, I. Kobal: Kontinualno merenje koncentracije radona (Rn-222) u rudnicima urana	231
39.	D. Brajnik: Raziskave za napoved vplivov rudnika urana Žirovski vrh na okolje in določitev sedanjega stanja	237
40.	J. Slivnik, A. Stergaršek: Postopek predelave uranove rude v zaprtem krogu tehnološke vode in s suhim odlagali- ščem jalovine	243
41.	B. Maršičanin: Postupci tokom priprave za gradnjo nuklearne elektrane u cilju obezbedjenja zaštite od zračenja	247
42.	N. Ajdačić, M. Martić: Distribucija radioaktivnosti u delu vodotoka Dunava	253
43.	Lj. Knežević, O. Janković: Sorpcija i migracija radionuklida u zemljiš- tu u okolini reaktora RA u Vinči	259
44.	N. Marinković: Kontrola reaktivnosti reaktorskog jezgra gadolinijumom sa aspekta zaštite od zračenja	263
45.	D. Petrović: Razmatranje akcidenta na nuklearnim postroje- njima u svetu	269
46.	M. Budnar, A. Trkov, A. Perdan: Banka nevtronskih podatkov	277

	stran
4. s e k c i j a: ZAŠČITA PRI RABI VIROV IONIZIRAJUĆIH SEVANJ V ZDRAVSTVU	281
47. Z. Kalendarov: Aktualni problemi zaštite od zračenja u medicinskoj radiologiji	283
48. M. Tomašević: Izloženost lekara hirurga X-zračenju za vreme hirurške intervencije ugradnje "pacemaker"-a	295
49. S. Gnjatović, S. Marković: Ispitivanje zaštitne moći sredstava koje se koriste za zaštitu pacijenata pri R ²²² -dijag- nostici u stomatološkoj praksi	299
50. D. Križanović: Ozračenje gonada pri X-dijagnostici i radijacioni rizik	303
51. M. Tomašević: Izloženost radnika zračenju u radioizotop- nim laboratorijama pri primeni radioizotopa 99m-Tc za dijagnostička ispitivanja jetre i bubrega	309
52. N. Stipčičić-Šolić: Mogućnost zaštite pojedinih organa pri tele- kobaltnoj terapiji malignoma u zdjelici	315
53. I. Ružička: Udio opravdanosti upućivanja na rendgendi- jagnostičke pretrage u izloženosti stanov- ništva ionizirajućem zračenju	321
5. s e k c i j a: DEKONTAMINACIJA IN OBDELAVA RADIOAKTIVNIH ODPADKOV	327
54. R. Despotović, M. Pirš, B. Subotić: Strategija obrade, sakupljanja te privremenog i trajnog odlaganja radioaktivnog otpada iz nuklearnih postrojenja	329
55. S. Bačić, Ž. Vuković: Analiza sorpcije na mikrokristalnim sorbentima - metodika izučavanja defektne strukture mik- rokristala	333
56. B. Subotić, R. Despotović: Obrada radioaktivnog otpada iz nuklearnih elektrana	339

57. M. Mandić, Ž. Vuković:
Sorpcija hipojodaste kiseline iz vodenog
rastvora na aktivnom uglju biljnog porekla 345
58. I. Plečaš, Ž. Vuković:
Analiza procesa prečišćavanja vode flokula-
cijom - eksperimentalno izučavanje taloženja
ferifosfatnih flokula u LAMELLA aparatima 351
59. B. Draganović, G. Djurić, G. Ivanović-Mičić:
Termička obrada kao metoda za smanjenje ukup-
ne beta aktivnosti pilećeg mesa 357
2. ZVEZEK
6. s e k c i j a: DOZIMetriJA 361
60. I. Mirić, Dj. Bek-Uzarov, P. Mirić, D. Križanović:
Analiza stepena ozračenosti od različitih izvora
zračenja 363
61. R. Ilić, M. Vukčević, I. Mirić:
Određivanje raspodele doze neutrona primenom
metode Monte Karlo 369
62. F. Cvelbar:
Nevtronska dozimetrija s polprevodniškim
dozimetri 375
63. F. Cvelbar, J. Barlič, I. Vilfan, R. Martinčič,
A. Likar, H. Udovč:
Polprevodniški nevtronski dozimeter IJS-Iskra 383
64. I. Mirić, Ž. Ubović, P. Mirić:
Procena ukupne (n+gama) doze u akcidentima
na osnovu aktivnosti Na-24 u krvi i gama doze
registrovane ličnim dozimetrima 391
65. K. Milivojević, D. Stojanović, P. Marković:
Procena apsorbovanih doza u uslovima eksterne
i interne kontaminacije organizma radionuklidima 397
66. I. Dvornik, M. Živadinović:
Odnos između doze izmjerene na površini tjela
i djelovanja zračenja na čovjeka u realno mo-
gućim uvjetima ozračenja nevtronima i fotonima 403
67. I. Dvornik, S. Miljanić, M. Ranogajec-Komor,
M. Antić:
Kalibracija polja n+gama zračenja pomoću
kemijskog dozimetra DL-M3 409
68. V. Švarcer:
Ograničene mogućnosti interne dozimetrije 413
69. G. Dražić, M. Trontelj, D. Kolar:
Lastnosti termoluminiscenčnih dozimetarova
na osnovi CaSO₄ 419

70. M. Ranogajec-Komor, B. Vekić, I. Dvornik:
Merenje raspodjela doza zračenja po cijelom
tijelu pomoću TLD 427
71. R. Mijailović, M. Ninković:
Procena doza u polju rendgenskog zračenja
korišćenjem termoluminiscentnih i film-
-dozimetara 433
72. S. Miljanić, I. Dvornik, M. Ranogajec-Komor:
Greške očitavanja doza dozimetara DL-M3
na čitaču CDL-M3 439
73. Lj. Vasiljević, D. Veličković, I. Mirić,
J. Simonović:
Određivanje doze neutrona primenom celuloznih
nitrata proizvodnje "Milan Blagojević" 447
74. Z. Milavc, I. Žerovnik, F. Spreizer, M. Mihelič,
D. Sušnik, L. Trontelj, U. Miklavžič:
TL akcidentalni dozimetrični sistem za žarke
gama 453
75. M. Šobajić:
Osetljivi elektronski sistem za merenje jačine
ekspozicijske doze zračenja sa jonizacionom
komorom 467
76. B. Pendić, N. Barjaktarović, V. Kestić,
Z. Pendić, S. Andrić, V. Vujnić, A. Kukoč:
RBE elektronskog zračenja energije 42 MeV-a u
odnosu na gama zračenje Co-60 473
7. s e k c i j a : METROLOGIJA IN MERILNA OPREMA 483
77. Lj. Dobrilović, M. Šmelcerović, M. Simović,
V. Drndarević, D. Paligorić:
Optimizacija merenja alfa aktivnosti u prisust-
vu beta i gama zračenja Si detektorom 485
78. D. Brajnik, A. Stanovnik:
Avtomatizacija meritev niskih aktivnosti gama 491
79. A.M. Koturović:
Skaler/tajmer sa programabilnom obradom i
kalkulatorom 495
80. M. Orlić:
Efikasnost GM brojača u polju gama zračenja
produkata fisije U-235 501
81. A. Kocić:
Primenam dvostrukog odabiranja u Monte Karlo
prilazu proračuna biološkog štita 507

82. R. Simović:
Rešavanje energetski zavisne transportne
jednačine neutrona metodom polinomijalnih
aproksimacija fluksa 513
83. J. Krstić, R. Antanasijević, Ž. Todorović:
Uticaaj karakteristika celuloznih nitrata na
energetsku rezoluciju alfa-čestica 519
84. M. Tomašević:
Kontrola X-zračenja kod TV prijemnika za
prijem programa u boji 525
85. M. Mitrović, I. Tomljenović:
Uredjaj za automatsko snimanje platoa 529
86. R.S. Pavlović, D.P. Stojanović, F. Boreli:
Teorijska razmatranja i primena refleksije
gama zračenja u merenju debljina 535
87. Dj. Ristić, S. Vuković, P. Marković:
Eksperimentalno određivanje koeficijenata
slabljenja ravno vučenog silikatnog stakla
za X zračenje proizvedenog na naponima do
400 kV 541
8. s e k c i j a: RADIOTOKSIKOLOGIJA 547
88. B. Kargačin, I. Šimonović, K. Kostial:
Metoda za istovremeno sniženje tjelesnog
opterećenja radioaktivnim stroncijem,
cezijem i jodom 549
89. B. Momčilović, N. Gruden:
Utjecaj celuloznih vlakana na retenciju Sr-85
u neonatalnoj dobi 553
90. N. Gruden, M. Buben:
Utjecaj laktoze i celuloze na apsorpciju
radioaktivnog cinka 557
91. M. Trajković, Ž. Ubović:
Tricijum kao unutrašnji kontaminant radnika
reaktora RA u Vinči 561
92. Z. Milošević, E. Horšić, R. Kljajić:
Ispitivanje primjene feri-ferocijanida kao
hemioptektora kod koza interno kontamini-
ranih sa Cs-134 565
93. Lj. Novak, D. Panov:
Značaj određivanja malih koncentracija
plutonijuma 239 u urinu 569

IX

	stran
94. A. Bauman, N. Lokobauer, J. Kovač: Ispitivanje interne kontaminacije osoba koje nisu profesionalno izložene prirod- nom radioaktivnom zračenju	573
95. R. Brnović: Stroncijum 90 u ljudskoj ishrani	575
96. R. Brnović: Sadržaj i distribucija Sr-90 u životinjskim kostima u uslovima globalne kontaminacije životne sredine	579
97. M. Gačević, R. Mitrović, S. Stanković, J. Begović: Prilog poznavanju peroralne kontaminacije svinja sa nekim produktima fisije	583
9. s e k c i j a: RADIACIJSKA MEDICINA	589
98. Dj. Horvat, J. Račić, R. Rozgaj: Strukturna oštećenja kromosoma u osoba pro- fesionalno izloženih rendgenskom zračenju	591
99. R. Rozgaj, Dj. Horvat, A. Bauman, J. Račić: Citogenetski učinak uranilnitrata na ljudske limfocite u kulturi	597
100. V. Višnjčić, M. Jeremić, D. Panov: Ispitivanje morfologije i otpornosti kapilara kod profesionalne ekspozicije X zračenju	605
101. M. Besarabić, B. Aleksić: Učestalost i karakteristike kardiovaskularnih promena kod radnika na nuklearnom reaktoru	609
102. D. Stojanović, K. Milivojević: Neki aspekti simptomatske farmakoterapije akutne radijacione bolesti u eksperimentalnim uslovima	615
103. Ž. Deanović, J. Pavelić, B. Vitale: Specifičnosti radijacijske bolesti u miševa ozračenih brzim neutronima	621
104. I. Selak, Z. Milošević, Z. Marković, E. Horšić, R. Klajić: Manifestacije radijacionog sindroma kod letalno ozračenih eksperimentalnih koza	629
105. J. Begović, S. Stanković, R. Mitrović: Uticaj X-zraka na blast transformaciju i mitots- ki indeks limfocita svinja in vitro	635

1. s e k c i j a

SPLOŠNA NAČELA ZAŠČITE PRED SEVANJI,

ETIČNA IN PRAVNA VPRAŠANJA



M. Vidmar, M. Zarić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

PREDLOG NUMERIČKIH VREDNOSTI NIVOVA PRIHVATLJIVOG
OZRAČENJA STANOVNIŠTVA I POJEDINACA USLED RADA
NUKLEARNIH ELEKTRANA

Rezime

Pri oceni podobnosti lokacije nuklearne elektrane jedan od osnovnih elemenata je ozračivanje stanovništva. U radu se razmatra ovaj problem i predlažu nivoi prihvatljivog ozračivanja pojedinaca i kolektivne doze.

Uvod

Ni jedna ljudska delatnost se ne može obavljati bez rizika da nastanu štete po pojedinca ili društvo u celini usled te delatnosti. Činjenica je da su društvo pa i pojedinci spremni da prihvate neki rizik, ali i da veličina rizika koja se prihvata nije neka apsolutna veličina već zavisi od više faktora.

Razvoj nauke i, kao posledica, povećano saznanje o efektima delatnosti često utiču na izmenu stavova o već prihvaćenim nivoima rizika.

Primena nuklearne energije i stav društva

Stav društva prema ovoj delatnosti je opterećen posledicama eksplozija nuklearnih bombi bačenih na Hirošimu i Nagasaki, što se odrazilo i u vidu ne mnogo racionalne upotrebe postojećih materijalnih sredstava kojima društvo raspolaže. Ovde se misli na utrošak znatnih materijalnih sredstava za smanjenje i onako malog rizika, izraženog kroz verovatnoću ljudskih i materijalnih gubitaka, u oblasti nuklearne energetike, i ako bi ta sredstva utrošena u nekoj drugoj oblasti

dala veće i po društvo u celini povoljnije rezultate.

Kada se govori o posledicama dejstva zračenja misli se na i ističu prvenstveno pojave raznih vrsta malignih obolenja i genetske posledice. Treba međutim naglasiti da još nisu poznati dovoljno tačno mehanizmi i uzroci nastajanja malignih obolenja, ali je dokazano da ih izazivaju razni agensi i da je zračenje samo jedan od njih. Da se navede pušenje kao jedan od uzročnika raka pluća. Pa ipak stav društva prema pušenju i upotrebi drugih štetnih materija se bitno razlikuje od stava prema nuklearnoj energetici. Ovim se ne želi reći da kod primene nuklearne energije u energetske svrhe nema rizika, već samo da na njega društvo primenjuje drugačija merila.

Poslednjih godina stručnjaci pokušavaju da uvedu u širu primenu filozofije kojom se primeni nuklearne energije prilazi kao i ostalim ljudskim delatnostima, tj. da svaka primena mora u krajnjoj liniji da pruži društvu određenu čistu dobit. Osnovu ove filozofije čine, pored osnovnog stava da svako izlaganje dejstvu zračenja nosi sa sobom određeni rizik, i sledeća dva stava: ^(1,2)

- 1.-oštećenja koja rezultuju usled izlaganja dejstvu jonizujućeg zračenja mora da budu manje značajna od koristi koju pojedinci i društvo imaju od aktivnosti čije su posledice izlaganje dejstvu zračenja, i
- 2.-dalje umanjenje oštećenja postaje manje značajno od napora koji bi bili potrebni da se postignu pomenuta umanjenja oštećenja.

Prema ovoj filozofiji zahteva se: da se pokaže opravdanost primene; definišu granični nivoi ozračivanja pojedinaca, nivoi ozračivanja delova društva ili društva u celini treba da se odrede za svaki konkretan slučaj posebno tako da:

- je rizik za ovako definisana ograničenja dovoljno mali u odnosu na koristi koje će društvo imati od ove primene;
- je nivo ozračivanja postavljen ovim ograničenjima dovoljno nizak, tako da njegovo dalje smanjenje ne opravdava napore da se to smanjenje postigne;
- je rizik za članove društva usled tog ozračivanja jednak ili manji od rizika koji su prihvaćeni u svakodnevnom životu.

Po sebi se razume da se pri određivanju kolektivnog rizika određuje i prosečan rizik za pojedince koji ne sme da bude veći od onog koji odgovara graničnom nivou ozračivanja pojedinca.

Zakonski propisi kojima su definisani granični nivoi ozračivanja u našoj zemlji

U našoj zemlji granični nivoi ozračivanja dati su u "Pravilniku o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima zračenja ne smeju biti izloženi zračenju"⁽³⁾ Problem ozračivanja stanovništva usled postojanja i rada nuklearnih elektrana se tretira u "Pravilniku o uslovima za lokaciju, izgradnju, probni rad, puštanje u pogon i korišćenje nuklearnih objekata i postrojenja"⁽⁴⁾. Ovaj poslednji pravilnik se poziva na prvi pomenuti pravilnik, a u njemu je zakonodavac predvideo takodje mogućnost da se na jednoj istoj teritoriji oseti dejstvo više izvora zračenja, o čemu se mora voditi računa pri odobravanju lokacije i izgradnje svakog od njih.

Predlog numeričkih vrednosti nivoa prihvatljivog ozračivanja stanovništva usled postojanja i rada nuklearnih elektrana

Uzimajući u obzir sve što je napred napisano kao i noviju filozofiju o merama zaštite koje treba preduzeti predlaže se definisanje:

- a.- nivoa prihvatljivog ozračivanja pojedinaca iz stanovništva usled postojanja i rada nuklearne elektrane, i
- b.- prihvatljive kolektivne doze ozračivanja stanovništva usled postojanja i rada nuklearne elektrane.

a.- Prihvatljivi nivo ozračivanja pojedinaca iz stanovništva usled rada i postojanja nuklearnih elektrana

Da bi se definisao ovaj nivo potrebno je da se raspolaze sa:

- statističkim podacima o pojavama malignih oboljenja,
- podacima o visini sredstava potrebnih da se nivo ozračenja smanji odnosno održi na nekoj vrednosti.

Poželjno je da se raspolaze sa podacima o veličini prirodnog fona.

Autori su raspolagali sledećim podacima:

Pojave malignih oboljenja sa fatalnim ishodom na teritoriji SR Srbije⁽⁵⁾. Prema ovim podacima:

- broj umrlih od malignih oboljenja iznosio je 1966.god. u proseku

79 stanovnika na 100.000 stanovnika, 1975.god. 110 stanovnika na 100.000 stanovnika u proseku, odnosno 89 stanovnika na 100.000 stanovnika za desetogodišnji prosek,

- regionalna varijacija broja umrlih kreće se 1966.god. od 43 u Sme. derevu do 101 u Nišu, a 1975.god. od 45 u Novom Pazaru do 145 u Svetozarevu, odnosno za desetogodišnji period od 45 u Novom Pazaru do 108 u Zaječaru (sve računato na 100.000 stanovnika).

Veličina prirodnog fona na teritoriji SR Srbije: Veličina nivoa spoljašnjeg ozračivanja kreće se u opsegu od 0.26 mSv/god do 2.42 mSv/god odnosno prosečan nivo spoljašnjeg ozračivanja 1.13mSv/god

Na žalost mesta za koja postoje podaci o smrtnosti usled malignih oboljenja i podaci za prirodni fon se ne podudaraju. Ipak veću teškoću predstavlja činjenica da se ne raspolaže i nije se moglo doći do detaljnih podataka o ceni preduzimanja zaštitnih mera.

Zbog toga će predlog u ovom radu biti dat na bazi razmatranja vrednosti koje se kao orijentiri, ili zakonske kategorije, za ocenu zaštitnih mera koriste u raznim zemljama.

U tabeli br.1 su dati nivoi ozračenja pojedinaca iz stanovništva i kolektivne doze koje neke zemlje koriste pri oceni zaštitnih mera.

Tabela br.1.

Zemlja	Ozračenje pojedinca mSv x 10 ⁻² /god.	Kolektivna doza
USA	8 ⁽⁷⁾	0.2 man.rem/god. 1MWe ⁽¹⁴⁾ za nove 0.4 man.rem/god. 1MWe ⁽¹⁴⁾ za postojeće
SR Nemačka	30 ⁽⁸⁾	-
V.Britanija	100 ⁽⁹⁾	-
Poljska	8 ⁽¹⁰⁾	5 man.rem/god. 1MWe ⁽¹⁰⁾
SSSR	25 ⁽¹¹⁾	-
Japan	5 ⁽¹²⁾	-
Izrael (pojedinci)	100 ⁽¹³⁾	5000 man.rem/god. elektran
Izrael (prosek)	10 ⁽¹³⁾	50000 man.rem/god. za ceo Izrael ⁽¹³⁾

U jednom radu⁽¹⁵⁾ u kome su razmatrani problemi ozračivanja stanovništva SFRJ od spoljašnjih nemedicinskih izvora zračenja u masovnoj upotrebi, izneto je mišljenje da bi se ozračivanje od 0.2mSv/god

moglo prihvatiti kao dozvoljivo prosečno ozračivanje stanovništva, usled postojanja radioaktivnih gromobrana, a da bi se verovatno za manje grupe i pojedince moglo dozvoliti ozračivanje od 1.2 mSv/god.

ICRP analizirajući podatke iz izveštaja UNSCEAR smatra da se u budućnosti može očekivati da genetska doza iz raznih izvora zračenja (isključujući medicinske) za stanovništvo neće biti veća od 10 mSv⁽¹⁶⁾, što daje prosečnu godišnju genetsku dozu od 0.3 mSv.

Obzirom na karakter i značaj objekta kakav je nuklearna elektrana predlaže se da se kao prihvatljivi nivo ozračivanja pojedinaca (zbir spoljašnjeg i unutrašnjeg) usled postojanja i rada nuklearnih elektrana usvoji vrednost od 0.3 mSv/god.

Pod ovim uslovima rizik za pojavu malignih oboljenja za pojedinca bi iznosio 0.3×10^{-5} koji upoređen sa prosečnim rizikom spontane pojave malignih oboljenja na teritoriji SR Srbije od 89×10^{-5} predstavlja porast od nešto preko 0.3% što se može smatrati prihvatljivim. Isto tako, prema podacima objavljivanim u raznim zemljama, ovaj rizik je manji od rizika smrti usled raznih drugih ljudskih delatnosti.

b.- Prihvatljiva kolektivna doza ozračenja usled postojanja i rada nuklearnih elektrana

Definisanje samo prihvatljivog nivoa ozračivanja za pojedinca nije dovoljno, jer faktor gustina naseljenosti ne dolazi do izražaja pri izboru lokacije nuklearne elektrane. Definisanjem prihvatljive kolektivne doze u kombinaciji sa dozom za pojedinca definiše se dozvoljena gustina naseljenosti odnosno prosečni nivo prihvatljivog ozračenja pojedinaca.

U tabeli 1 date su veličine kolektivnih doza koje pojedine zemlje koriste pri oceni kvaliteta lokacije i predloženih zaštitnih mera.

Predlaže se usvajanje vrednosti 0.03 čovek Sv/god MWe za kolektivnu dozu koja će se u našoj zemlji koristiti pri oceni kvaliteta lokacije i propisivanju potrebnih zaštitnih mera.

Sa ovom vrednošću nuklearna elektrana od 1000 MWe bi se mogla locirati u zoni u kojoj živi najviše 10^5 stanovnika a da nivo ozračenja pojedinaca definisan ranije ne bude prekoračen, odnosno ukoliko bi broj stanovnika bio veći prosečan nivo ozračivanja poje-

dinaca morao bi da bude manji. Školiko je broj stanovnika manji i vrednost kolektivne doze bi u tom slučaju bila manja jer bi bila ograničena nivoom ozračenja pojedinaca. Kolektivna doza od 0.03 čovek Sv/god MWe ograničila bi pojavu dodatnih slučajeva malignih oboljenja usled rada i postojanja nuklearne elektrane snage 1000MWe na 0.3 slučaja na 10^5 stanovnika ili manje u koliko je broj ugroženog stanovništva veći.

Abstract

When assessing a future nuclear power plant location and defining the inherent safety measures to be taken the environmental impact of the power plant is studied with the aim to evaluate the risk for the population living in that region. In order to help the regulatory bodies in decision making, numerical values of the acceptable whole body irradiation for individuals and the collective dose due to nuclear power plant have been proposed as 0.3mSv/year and 0.03 man Sv/year MWe respectively.

Literatura

1. ICRP Publication 22 "Implications of Commission Recommendations that Dose be kept as low as readily achievable", 1973.
2. ICRP Publication 26 "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1976.
3. Sl.list SFRJ 27/1977
4. Sl.list SFRJ 25/1979
5. Djordjević M.: "Najčešća oboljenja vodeća medju uzrocima smrti na teritoriji SR Srbije van pokrajina za vremenski period 1966-1975.g" Beograd 1978.
6. Izveštaj po projektu "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja", tema: "Optimalnost monitoring sistema, prognostički modeli radioaktivne kontaminacije životne sredine i nivoi inter-nog ozračenja stanovništva u SR Srbiji".
7. 10 CFR 50, Appendix I, 1976 USA
8. Bewehrungsdaten für die Eigenschaften for Kraftwerksstandorten aus der Sicht von Reactor sicherheit und strahlenschutz, Umwelt NO4, 1975
9. Bradford R.: "Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, U.K. Privatno saopštenje 1979
10. Pensko J.: "Radiological Safety Guides for Population in Poland: The Principles for Setting and Application by Designers of Nuclear Installations", "Proceedings of a Seminar Population Dose Evaluation and Standards for Man and His Environment", IAEA 1974, 155.
11. Gusev N., SSSR, Privatno saopštenje 1979
12. Nagaska A. at all: "Determination of environmental radioaction vity for dose assesment" Health Physics 1980, 38, 743.
13. Tadmor J. at all: "Macimum Tolerable Radiation Doses Recommended by the Israel Advisory Committee on Nuclear Safety", Health Physics, 1978, 34, 385
14. K.Z.Morgan: Materijali IV letnje škole zaštite od zračenja, Dubrovnik 1979.
15. Marković P.: "Doprinos razmatranju problema ozračivanja stanovništva od nekih izvora zračenja korišćenih u masovnoj upotrebi", Savetova-

nje o Problemima ozračivanja stanovništva SFRJ od spoljašnjih
(nemedicinskih) izvora zračenja u masovnoj upotrebi; Arandjelovac
1976.

16. ICRP Publication No9.

XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Portorož, 21.-24.04.1981.

P.Marković*, D.Nikezić**, Dj.Ristić***

- * Institut za fiziku, PMF - Kragujevac
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu čovekove sredine
I.B.K.-Vinča, Beograd
- ** Institut za fiziku, PMF - Kragujevac
- *** Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu čovekove sredine,
I.V.K.- Vinča, Beograd

DIFERENCIJALNA CENA - KORIST ANALIZA ZA SLUČAJ GRADJEVINSKIH MATE-
RIJALA SA POVIŠENOM PRIRODNOM KONCENTRACIJOM RADIONUKLIDA

*Data je diferencijalna cena-korist analiza za slučaj dva građevin-
ska materijala sa visokom "a" i sa niskom "o" koncentracijom radio-
nuklida. Diferencirajući neto korist korišćenja "a" radije nego
"o", B (o), došli smo do uslova maksimuma B (o). Ako se postavlja
pitanje izbora "a" ili "o", treba koristiti "o" u onim slučajevima
kada je radijaciona zdravstvena štetnost korišćenja "a" bez
zaštite, veća od razlike cene materijala "a" i "o".*

Zračenja koja bivaju emitovana, raznim građevinskim materijalima daju znatan doprinos ukupnom ozračivanju stanovništva. Kolektivna doza za stanovništvo od ovog zračenja je, na primer, znatno veća od ove koja dolazi od svih nuklearnih energetske postrojenja i nuklearnih istraživačkih institucija (1).

Naša merenja i procene izloženosti stanovništva ovom vidu ozračivanja u znatnoj meri potvrđuju ovu tvrdnju (2). Zbog toga se danas u svetu razmišlja i govori o potrebi zamene izvesnih građevinskih materijala sa veoma visokim koncentracijama radionuklida materijalima znatno nižih koncentracija. Pri tome se postavlja pitanje, kao i u drugim slučajevima kada se radi sa primenom i korišćenjem izvora zračenja, šta se može dobiti primenom takozvane diferencijalne cene - korist analize.

Opšte crte ove analize date su u preporukama ICRP PUBLICATION-22 i ICRP PUBLICATION-26, (3,4). Cilj ovog rada je da se dobije je jedan (konačan) izraz za pomenutu analizu za konkretan slučaj građevinskih materijala. Deo obavijenog posla za rešavanje tog problema dat je u ovom izveštaju o napredovanju, dok je preostali deo posla u toku.

U svojim najnovijim preporukama Medjunarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP-International Commission on Radiological Protection) je preporučila sistem ograničavanja doza zračenja koji se zasniva na sledeća tri principa:

- a) Nikakva delatnost sa izvorima zračenja ne može biti prihvaćena ukoliko njeno uvođenje ne dovodi do pozitivne neto koristi.
- b) Sva izlaganja zračenju moraju biti držana na onoliko niskim nivoima, koliko je to razumno moguće postići, uzimajući u obzir ekonomske i društvene faktore.
- c) Ekvivalentne doze za pojedince ne treba da predju granice preporučene od strane komisije za pojedine slučajeve.

Nas u konkretnom slučaju interesuje opravdanost smanjenja izlaganja zračenju zamenom jednog građevinskog materijala drugim. Uzećemo da je B_a - neto korist upotrebe građevinskog materijala sa nekom povišenom koncentracijom radionuklida. Ona je data izrazom (4)

$$B_a = V_a - P_a - G_a - X_a \dots \dots \dots (1)$$

gde je V_a - bruto korist, P_a - osnovna cena proizvodnje, G_a - zdravstvena radijaciona štetnost od upotrebe tog materijala i X - cena da se postigne određeni stepen zaštite. Ako je B_o neto korist korišćenja materijala sa znatno nižom koncentracijom radionuklida, onda je, analogno sa (1). B_o - dato izrazom

$$B_o = V_o - P_o - G_o - X_o \dots \dots \dots (2)$$

Nas interesuje kolika je neto korist, $B_a(o)$ korišćenja materijala "a", radije nego materijala "o".

$$B_a(o) = B_a - B_o - T_a(o) = V_a - V_o - (P_a - P_o) - (G_a - G_o) - (X_a - X_o) - T_a(o) \dots (3)$$

ovde je $T_a(o) \cong T_o(a)$ izvesna ekstra cena prelaska sa jednog materijala

rijala na drugi, koja je praktično jednaka nuli ukoliko se ne radi o zamjeni već ugrađenog materijala. Naš cilj je da maksimiziramo neto korist $B_a(0)$, uzimajući ekvivalentnu kolektivnu dozu S_c kao nezavisno promenljivu veličinu. Pošto u izrazu (3) V_a, V_o, P_a i P_o ne zavise od S_c , maksimum za $B_a(0)$ se dobija iz izraza

$$\frac{dB_a(0)}{dS_c} = - \frac{d}{dS_c} (G_a - G_o) - \frac{d}{dS_c} (X_a - X_o) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{odnosno} \quad - \frac{d}{dS_c} (G_a - G_o) = \frac{d}{dS_c} (X_a - X_o) \dots \dots \dots (5)$$

Sada nadjimo vezu izmedju zdravstvene radijacione štetnosti i kolektivne ekvivalentne doze. Po definiciji ICRP

$$G = N \sum_j p_j g_j$$

gde je N - broj ozračenih lica, p_j - verovatnoća efekta j , a g_j - njegova ozbiljnost. Pretpostavimo da je verovatnoća efekta direktno proporcionalna ekvivalentnoj dozi, sa koeficijentom proporcionalnosti r_j : Tada će radijaciona zdravstvena štetnost od ozračivanja materijalom "a" u nekoj grupi lica, biti

$$G_a = N \sum_j r_j H_a g_j$$

Neka je dG_a radijaciona zdravstvena štetnost u grupi lica dN koja su primila ekvivalentnu dozu H_a , pod uslovom da je broj lica dovoljno veliki

$$dG_a = \sum_j r_j g_j H_a dH = \sum_j r_j g_j H_a \frac{dN}{dH_a} (H_a) dH_a$$

Ovde je dN/dH_a raspodela ekvivalentne doze u ozračenoj grupi. Ukupna radijaciona zdravstvena štetnost je

$$G_a = \int_0 \sum_j r_j g_j H_a \frac{dN}{dH_a} (H_a) dH_a = \sum_j r_j g_j \int_0 H_a \frac{dN}{dH_a} (H_a) dH_a$$

Ako sa \bar{H}_a obeležimo prosečnu ekvivalentnu dozu

$$G_a = \sum_j r_j g_j \bar{H}_a \int_0 \frac{dN}{dH_a} dH_a$$

$$\int_0 \frac{dN}{dH_a} dH_a = N$$

REFERENCE

1. J.Mehl "External Radiation Exposure of the public, Comparison of Contribution from Nuclear Power stations, Nuclear Research Centers, and Dwelling Houses in the Federal Republic of Germany" in Proc. 4.-th.Int.Cong.of the Irpe, Paris, april 1977.
2. P. Marković, Dj.Ristić
Doprinos ozračivanju stanovništva od zračenja uslovljenog građevinskim materijalima, podnet za XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož 21.-24. april 1981.
3. ICRP Publication 22 "Implications of Commission Recommendations that the doses should be kept as low as readily achievable, Pergamon Press, 1973.
4. I.CRP Publication 26 "Recommendations of the International Commission of Radiological Protection" Pergamon Press, 1977.
5. P. Marković
M.KRZ Publikacija 26 - osnovne i neke praktične implikacije njene primene, X Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac 29.05. - 1.06.1979.
6. BO Lindel "Principles for Limiting Release of Radiactive Substances into the Environment" In Current Problems and Concerns of the Health Physicist Edited by P.D.Marković, I.BK - Vinča, June 1977. - PP 203-228.

XI. JUGOSLOVENSKE SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 PORTOROŽ, 21.-24.4.1981.

Mr.Sc. Tomašević Miroslav

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
 "Dr. Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

ZAKONSKI PROPISI O TRANSPORTU RADIOAKTIVNIH
 MATERIJA I NJIHOVA PRIMENA U PRAKSI

Zakonski propisi regulišu na koji se način i pod kojim uslovima
 obavlja transport radioaktivnih materija u železničkom i drum-
 skom saobraćaju.

Medjutim, često puta smo svedoci da se transport radioaktivnih
 materija obavlja na način, koji nije u skladu sa zakonskim pro-
 pisima.

Na ovom mestu želimo da ukažemo samo na neke tipične prekršaje
 kao i na uzroke njihove pojave.

Stavljanje u promet i korišćenje radioaktivnih materija kao i nji-
 hov transport regulisani su zakonskim propisima /1/ /2/. Radne
 organizacije, koje nabavljaju, stavljaju u promet i koriste ova-
 ke materije, bez obzira u koje svrhe, moraju posedovati odobre-
 nje organa, odredjenog republičkim odn. pokrajinskim propisom/3/.

One organizacije, koje ovakvo rešenje ne poseduju, ne smeju ko-
 ristiti radioaktivne materije, a ako poseduju rešenje, ne smeju
 koristiti one radioaktivne materije, koje nisu naznačene u njemu
 niti veće aktivnosti od navedenih vrednosti u rešenju.

Za prevoz radioaktivnih materija u unutrašnjem saobraćaju neop-
 hodno je odobrenje, koje izdaje nadležni organ u republici, a
 za prevoz preko državne granice ono, koje izdaje Savezni sekre-
 tarijat za rad i socijalnu politiku u saglasnosti sa Saveznim
 sekretarijatom za unutrašnje poslove./2/

Član 55. ovog Pravilnika određuje ko podnosi zahtev za izdavanje rešenja za transport radioaktivnih materija i koje elemente mora sadržati ovaj zahtev.

Zahtev mora da sadrži naziv, odn. lično ime i adresu prevoznika, naziv i adresu organizacije udruženog rada, koja je izvršila pakovanje pošiljke, naziv i adresu proizvođača radioaktivne materije, naznačenje vrste i tehnički naziv radioaktivne materije, jačinu izvora radioaktivne materije /ukupna i pojedinačna aktivnost/, naznačenje prevoznog sredstva, itinerer prevoza od mesta predaje radioaktivne materije do mesta njenog korišćenja, datum ili približno vreme prispeća pošiljke itd.

Rešenje za transport pribavlja pošiljalac radioaktivne materije i uz zahtev prilaže prepis odobrenja za proizvodnju, promet i korišćenje radioaktivne materije. To znači da se rešenje za transport izdaje bez obzira na to da li primalac pošiljke ima odobrenje za njeno korišćenje ili ne. Zbog toga se i može desiti da se u praksi krše i propisi o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija, a posebno onih koji određuju uslove pod kojima se radioaktivne materije transportuju. Tako se radioaktivne materije dostavljaju radnim organizacijama, koje ne poseduju rešenje za njihovo korišćenje ili nemaju punosnažna rešenja, jer se ista ne odnose na vrstu ili maksimalne aktivnosti radioaktivnih materija koje se dostavljaju.

Transport se obavlja železničkim, drumskim i drugim sredstvima prevoza, bez urednih rešenja izdatih za navedene relacije, vrstu radioaktivnih materija i maksimalne aktivnosti, a vrlo često se transport vrši i ilegalno.

Kada ovo iznosimo pre svega imamo u vidu uslove pod kojima se obavlja transport jonizacionih javljača požara, radiodefektoskopa i radioizotopa, koji se koriste u nuklearnoj medicini.

Aktivnosti, koje se na ovaj način prenose železnicom, drumovima, privatnim ili službenim kolima, koja nisu propisno označena i opremljena, kreću se od manjih vrednosti od nekoliko MBq

/za jonizacione javljače požara, koji se međjutim nikada ne prenose pojedinačno, već uvek u većem broju/, nekoliko deseti- na GBq /transport generatora ^{99m}Tc / pa do nekoliko stotina GBq /transport radiodefektoskopa/.

Smatramo da nije potrebno da se ovde iznose konkretni primeri prekršioaca, ali smo mišljenja da se ovakvi postupci ne mogu pravdati, pa se zalažemo da se zakonski propisi iz ove oblasti strogo primenjuju.

Svesni smo međjutim, da u izvesnim slučajevima kada se radi o izuzetno hitnim pošiljkama i transportu određene opreme, kao što su npr. radiodefektoskopi, pomenute postupke oko pribavljanja pomenutih rešenja treba uprostiti, ali nikako zakonske propise potpuno zanemariti.

Tako npr. radnim organizacijama, koje koriste radiodefektoskope a imaju svoja gradilišta van mesta u kome su glavni pogoni, mogla bi se izdati rešenja za transport radiodefektoskopa i za nekoliko meseci unapred. U ovakvim slučajevima u rešenju bi bili navedeni mogući pravci transporta /od pogona do grališta i natrag/, način prevoza /specijalno opremljena vozila korisnika/ kao i ukupna aktivnost radioaktivne materije koja se prevozi /ukupna aktivnost radioizotopa u defektoskopu/.

Od traženih podataka, koji moraju biti sadržani u rešenjima, u ovakvim slučajevima ne bi bilo poznato samo vreme prevoza, što se lako može dopuniti. U svim ostalim slučajevima, kada se ne radi o hitnim prevozima, ili kada se radi o redovnim pošiljkama, zakonski propisi se moraju poštovati u potpunosti a rešenja moraju sadržati kompletne tražene podatke.

SUMMARY

LAW REGULATIONS ON TRANSPORT OF RADIOACTIVE MATERIALS
AND ITS USE IN PRACTICE

Mr.Sc.Tomašević Miroslav

Institute on Occupational and Radiological Health
"Dr.Dragomir Karajović" Belgrade, Beligradska 29

The way and conditions of transport of radioactive materials by railway or by highway are fixed by the law of regulations. However, we are often witnesses of transport of radioactive materials in the way which does not meet the law regulations. In this paper we wish to point to several typical violents of the mentioned regulations and reasons of their occurrence.

LITERATURA

1. Sl.list SFRJ br. 27 od 27. maja 1977.
Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad određene granice aktivnosti, rendgen-aparata i drugih aparata koji proizvode jonizujuća zračenja i o merama za zaštitu od tih izvora.
Str. 1239, čl. 1, 2, 3 i 4.
2. Sl.list SFRJ br. 24 od 10.maja 1974.
Zakon o prevozu opasnih materija,
Str. 799, čl. 54, 55, 56 i 57.
3. Sl.list SFRJ br. 54 od 10.decembra 1976.
Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja,
Str. 1659, čl. 12.

SANITARNI NADZOR NAD IZVAJANJEM AKTIVNEGA ZDRAVSTVENEGA VARSTVA
DELAJCOV, KI DELAJO Z VIRI IONIZIRAJOČIH SEVANJ

Gabrijel HRUŠČOVAR

Skupščina SFRJ je sprejela dne 25.11.1976 Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji, ki je bil objavljen v Uradnem listu SFRJ, št. 54-780/76 z dne 10.12.1976. Po tem zakonu je bil Zvezni komite za zdravstvo in socialno varstvo pooblaščen, da izda natančnejše predpise, ki so bili objavljeni v naslednjih letih v zveznih uradnih listih v obliki pravilnikov.

Skupščina SR Slovenije je sprejela dne 5.11.1980 republiški zakon o izvajanju varstva pred ionizirajočimi sevanji in o ukrepih za varnost jedrskih objektov in naprav, ki je bil objavljen v Uradnem listu SRS, št. 28-1393/80 z dne 17.11.1980 (v nadaljnjem besedilu: republiški zakon). V svojih členih določa republiški zakon ukrepe, ki zajemajo sistematično preiskovanje radioaktivnega onesnaževanja okolja, izvrševanje čiščenja radioaktivnega onesnaževanja, vodenje evidence o virih ionizirajočih sevanj in o izpostavljenosti delavcev, drugih delovnih ljudi in občanov tem sevanjem, hrambo in dokončno odložitev radioaktivnih odpadnih snovi, ev. evakuacijo prebivalstva, ukrepe za zagotavljanje jedrske varnosti (4. člen), določa naloge posebne strokovne komisije za jedrsko varnost (5., 6. in 7. člen),

Dr. med., Republiški komite SRS za zdravstveno in socialno varstvo,
Republiški sanitarni inšpektorat, 61000 Ljubljana, Parmova 33, YU.

precizira soglasja in dovoljenja, ki jih morajo izdati Republiški energetski inšpektorat za jedrske objekte (8. člen) ter Republiški sanitarni inšpektorat za nabavo in uporabo radioaktivnih snovi, rentgenskih in drugih naprav, katerih aktivnost presega predpisano mejo njihov prevoz v notranjem prometu (9. in 10. člen), postavlja zahtevo o strokovni izobrazbi, delovnih izkušnjah, obveznem izpopolnjevanju in usposabljanju virom sevanja izpostavljenih delavcev (12. člen), postavlja pogoje, pod katerimi Republiški komite za energetiko, industrijo in gradbeništvo pooblašča strokovne in raziskovalne organizacije združenega dela za opravljanje del v zvezi s varnim obratovanjem jedrskih objektov z ustrezno evidenco (14. člen), in določa naloge družbeno političnih skupnosti, organizacij združenega dela o ukrepanju pri povečani kontaminaciji na določenem okolju ali jedrski nezgodi (15., 16. in 17. člen) in obveznosti zdravstvenih skupnosti (21. člen).

Pri odstavku 19. člena republiškega zakona glasi: "Nadzor nad izvajanjem predpisov in samoupravnih aktov, ki se nanašajo na zdravstveno varstvo delavcev, drugih delovnih ljudi in občanov ter za varstvo okolja pred ionizirajočimi sevanji, izvaja Republiški sanitarni inšpektorat". Podrobneje je obseg tega sanitarnega nadzora zajet v 13. členu republiškega zakona, iz katerega povzemamo bistvena določila. Republiški komite za zdravstveno in socialno varstvo določi po ugotovitvi tehnične opremljenosti in strokovne usposobljenosti delavcev zdravstvene, strokovne ali raziskovalne organizacije združenega dela za izvajanje sistematičnega preiskovanja radioaktivnega onesnaževanja okolja, meritev izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem delavcev, delajo s temi viri pa tudi drugih delovnih ljudi in občanov, ki so lahko izpostavljeni tem sevanjem, občasnih meritev stopnje onesnaževanja

ljenosti delovnih mest ionizirajočim sevanjem, aktivnega zdravstvenega varstva delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, čiščenje in deaktiviranje onesnaženja delovnega in bivalnega okolja, usposabljanja delavcev, ki delajo z viri sevanj.

Obseg aktivnega zdravstvenega varstva delavcev predstavlja širšo dejavnost - njegove naloge so zajete v glavnem v nekaterih alineah citiranega člena. Verjetno pa je mišljeno pod pojmom aktivno zdravstveno varstvo delavcev predvsem zdravstveni nadzor nad delavci, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, v smislu preventivnih zdravstvenih pregledov, to je navedeno v določilih zveznega pravilnika o strokovni inobrazbi, zdravstvenih pogojih in zdravstvenih pregledih oseb, ki smejo delati z viri ionizirajočih sevanj (Ur.l. SFRJ, št. 27/77).

Upoštevalo določila, 8., 9., 10. in 11. člena citiranega pravilnika morajo biti zdravstvene, strokovne ali varstveno organizacije zdravstvenega dela tehnično tako opremljene in strokovno usposobljene, da lahko kadrovske zahteve določil citiranih členov pravilnika. Č. člen določa kontraindikacije za delo z viri ionizirajočih sevanj. Menja smo, da je potrebno navedene kontraindikacije upoštevati predvsem v fazi poličnega usmerjanja pred začetkom šolanja in uvajanja dijakov oz. študentov in delavcev v poklicne dejavnosti, ki so vezane na delo z viri ionizirajočih sevanj. Prav tako je potrebno upoštevati te kontraindikacije pri zdravstvenih pregledih oseb pred nastopom dela z viri ionizirajočih sevanj, v smislu poklicne selekcije in pri zdravstvenih pregledih med delom z viri ionizirajočih sevanj.

9. člen citiranega zveznega pravilnika ureja obseg zdravstvenega pregleda oseb pred nastopom dela z viri ionizirajočih sevanj. Poleg splošnega kliničnega pregleda se zahtevajo tudi hematološke analize, ki so navedene v 10. členu istega pravilnika, nadalje se zahteva pregled očesnih leč, pri ženskah ginekološki pregled, radiografija pljuč ter preiskovanje funkcije ledvic za osebe, ki naj dela z uranom in

uranovini spojinami. Z ozirom na tehnično opremljenost zdravstvenih domov pri nas smo mnenja, da se vse preiskave in pregledi lahko vršijo v dispanserjih za medicino dela, prometa in športa s tem, da bi bilo potrebno doktrinarno določiti obseg preiskav funkcije ledvic za osebe, ki naj delajo z uranom in uranovimi spojinami.

10. in 11. člen citiranega zveznega pravilnika določata obseg zdravstvenih pregledov oseb med delom z viri ionizirajočih sevanj. Nekateri pregledi in preiskave navedeni v teh dveh členih so zahtevni. Če se striktno držimo določil teh dveh členov, bodo razmeroma redke zdravstvene organizacije, ki bodo poleg splošnega kliničnega pregleda, hematoloških analiz in pregleda očesnih leč, sposobne enkrat letno opraviti radiotoksikološke preiskave pri vseh delavcih, ki delajo z odprtimi viri ionizirajočih sevanj visoke radiotoksičnosti, v katero spadajo radioaktivne snovi iz I. in II. skupine iz 3. člena pravilnika o dajanju v promet in uporabi radioaktivnih snovi, katerih aktivnost presega določeno mejo, rentgenskih in drugih aparatov, ki povzročajo ionizirajoča sevanja, ter o ukrepih za varstvo pred sevanjem teh virov (Ur.l. SFRJ, št. 27/77).

To velja tudi za delavce v rudnikih urana z več kot petletnim ekspozicijskim stažem, če so prejeli več kot 6 WLM (mesečna delovna raven obsevanosti delavca) med letom in preiskavo celularnih elementov sputuma za delavce v rudnikih urana. V kolikor se tak obseg letnega pregleda oseb med delom z viri ionizirajočih sevanj sprejme, je treba strokovno opredeliti preiskave celularnih elementov sputuma in obseg radiotoksikoloških preiskav. Na vsaki dve leti se zahtevajo preiskave binuklearnih limfocitov in kapilaroskopske preiskave za delavce, ki so izpostavljeni sevanju X in gama žarkov. Preiskave hromosomskih aberacij v limfocitih se zahtevajo v prvem letu dela z viri ionizirajočih sevanj in vsako peto leto, če skupna, v petih letih prejeta doza za obsevanosti presega 5 remov oz. 16 remov za delavce, ki delajo v

jedrskih elektrarnah in pri drugih jedrskih napravah, nadalje, če kumulativna obsevanost delavcev v rudnikih urana v petih letih presega 30 WLM in končno, če je delavec naenkrat obsevan s večjo dozo od 5 remov. Preiskava skupne gama aktivnosti človeškega telesa se vrši na zahtevo zdravnika.

Zot smo že omenili, smo mnenja, da so naši dipanzerji za medicino dela, prometa in športa in pravtako seveda tudi Institut za medicino dela, prometa in športa ter Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu tehnično in strokovno usposobljeni, da vršijo zdravstvene preglede oseb pred nastopom dela z viri ionizirajočih sevanj. Pooblaščen strokovna komisija pa bi morala podati mnenje glede obsega zdravstvenih pregledov oseb pred nastopom dela in med delom z viri ionizirajočih sevanj in o smiselnosti številnih, zahtevnih, večinoma pa nespecifičnih preiskav. Tako doktrinarno mnenje bi morale sprostiti tudi ustrezne spremembe v tovrstni naši zakonodaji. Pravtako menimo, da bi bilo smiselno podati okvirno navodilo k 9. točki 10. člena in 4. točki 11. člena citiranega zveznega pravilnika, ki navajata, da so preiskave skupne gama aktivnosti človeškega telesa (WBC) opravljajo na zahtevo zdravnika.

V 2. alineji 13. člena republiškega zakona so zahtevane meritve izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem delavcev, ki delajo z viri sevanj oz. delavcev, ki so lahko izpostavljeni sevanjem. V 10. členu zveznega pravilnika o mejah, ki jih ne sme presegati sevanje, kateremu so izpostavljeni prebivalstvo in tisti, ki imajo opravka z viri ionizirajočih sevanj (Ur.l. SFRJ, št. 27/77), se navaja, da se izpostavljenost sevanju ugotavlja s filmskimi dozimetri ali termolumi-niscenčnimi dozimetri, ki jih mora med delom nositi vsakdo, ki je izpostavljen sevanju, po potrebi pa tudi z drugimi sredstvi in postopki za kontrolo prejetih doz sevanj.

Po našem mnenju je tovrstna ekološka registracija prejetih doz delav-

cev, če se pravilno in kontinuirano izvaja, preventivno zanesljivejši indikator o stopnji ogroženosti delavca, ki dela z viri ionizirajočih sevanj, kot pa zdravstveni pregledi s redkimi specifičnimi preiskavami. To velja seveda za mirnodobske uporabe virov ionizirajočih sevanj pod vsemi varnostnimi kautelami.

V isti alineji so zahtevane tudi meritve izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem drugih delovnih ljudi in občanov. Iz 2. člena pravke: citiranega zveznega pravilnika povzemamo, da prebivalstvo ne sme biti izpostavljeno sevanju, bodisi zunanjemu, bodisi notranjemu, ki bi presegalo 0,7 remov na leto (genetično pomembna doza). Posamezniki ne smejo biti v okolju, v katerem živijo, izpostavljeni obsevanju vsa ga telesa, ki bi presegalo 0,5 remov na leto.

Upoštevajoč dane predpostavke bi bilo potrebno zavzeti določeno stališče glede registracije doz, ki jih prejemaajo občani pri medicinskih posegih z viri ionizirajočih sevanj poleg meritev sevanj, kateremu je izpostavljeno prebivalstvo v okolju, kjer je fiksni potencialni vir sevanja (HEK in RUČV.)

Za zaključek povzemamo naslednje.

Iz 13. člena republiškega zakona smo kot nalogo zdravstvene službe v zvezi s specifičnim aktivnim zdravstvenim varstvom pred ionizirajočimi sevanji poudarili predvsem 2. alinejo, ki govori o meritvah izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem in 4. alinejo, ki smiselno govori o preventivnih zdravstvenih pregledih delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, dočim smo ostale alineje samo posredno upoštevali.

Na Republiškem sanitarnem inšpektoratu SRS smatramo:

- da je osnovni nosilec aktivnega zdravstvenega varstva delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, pristojni dispanser za medicinska dela, prometa in športa;
- da Institut medicine dela, prometa in športa kreira doktrino o ak-

- tivnem zdravstvenem varstvu delavcev pri virih ionizirajočih sevanj in sodeluje pri pooblašteni strokovni komisiji o smotrnosti pregledov in preiskav pri izvajanju zdravstvenih pregledov na podlagi členev 8., 9., 10., 11. in 12. člena zveznega pravilnika o strokovni izobrazbi, zdravstvenih pogojih in zdravstvenih pregledih oseb, ki snejo delati z viri ionizirajočih sevanj (Ur.l. SFRJ, št.27/77);
- da je potrebno striktno izvajati dozimetrično kontrolo in rezultate teh preiskav pošiljati Republiškem sanitarnemu inšpektoratu in tudi zdravstvenim organizacijam, ki opravljajo zdravstvene preglede oseb pri delu z viri ionizirajočih sevanj in so ti izvidi sestavni del zdravstvenega kartona teh oseb;
 - da je nujen dogovor o načinu meritev doz ionizirajočih sevanj, katerim je izpostavljeno prebivalstvo v okolju stacionarnih virov potencialnega sevanja, kot so NEK in RUŽV;
 - da se je potrebno odločiti ali pristopimo k evidentiranju prejetih doz sevanja pri medicinskih posegih z viri ionizirajočih sevanj, npr. v zdravstvenih knjižicah.

Prisomba:

Merske enote v prispevku ne upoštevajo novega mednarodnega sistema enot iz razloga, ker celotna dosedaj sprejeta zakonodaja o varstvu pred ionizirajočimi sevanji uporablja le stare merske enote.

CONTROL OVER THE EXECUTION OF THE HEALTH PROTECTION
REGULATIONS FOR THOSE WORKING WITH SOURCES OF IONISING
RADIATION

The essential characteristics of the present federal and republican regulations for radiation protection are described in the paper. The author estimates the implementation of the 13th article of the republican law, regulating radiation protection and the safety of nuclear facilities and installations. In the light of this article, the question of preventive medical examinations of workers using ionising radiation sources is discussed, and the urgency of introducing certain routine, demanding but non-specific examinations critically evaluated. The importance of regular dosimeters is clearly indicated. In the conclusion, a programme for the efficient health protection of endangered workers or the population is cited.

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
 portorož, 21.-24.4.1981.

Dj. Bek-Uzarov
 Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča
 Laboratorija za metrologiju radionuklida

J. Vujić
 Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča
 Centar za obrazovanje kadrova
 Beograd, Kosančićev venac 29

MEDJUNARODNI STANDARDI NAZIVA I OZNAKA FIZIČKIH VELIČINA I JEDINICA
 MEDJUNARODNOG SISTEMA JEDINICA - SI U OBLASTIMA ATOMSKE, NUKLEARNE,
 MOLEKULARNE FIZIKE, FIZIČKE HEMIJE, NUKLEARNIH REAKCIJA I JONIZUJU-
 ĆIH ZRAČENJA

U radu su obradjena tri dokumenta: ISO/DIS 31/8 (1979), koji tretira fizičke veličine i jedinice u oblasti molekularne fizike i fizičke hemije; ISO/DIS 31/9 (1979), iz oblasti atomske i nuklearne fizike i ISO/DIS 31/10 (1979), iz oblasti nuklearnih reakcija i jonizujućih zračenja. Dokumenti su obradjeni tako da je sačuvana veza sa međunarodnim standardom, što omogućava lakše nalaženje ekvivalentnog izraza na svetskim jezicima: engleskom, francuskom, ruskom i španskom, na kojima se izvorni dokumenti ISO izdaju. Dokumenti su obradjeni za srpskohrvatsko jezičko područje.

1. UVOD

Medjunarodna organizacija za standardizaciju (International Organisation for Standardisation) posle Drugog svetskog rata radi na donošenju medjunarodnih preporuka, koje se posle javnih diskusija eksperata definitivno usvajaju i postaju nacionalni standardi u svetu proizvodnje i razmene dobara na celoj Zemljinoj kugli. Relativno skoro, oko 1973. godine, ISO preduzima korake da standardizuje nazive i oznake fizičkih mernih veličina i njihovih jedinica. Usvajanje na medjunarodnom planu Medjunarodnog sistema jedinica - SI (Le Système International d'Unités-SI) ubrzava rad na donošenju prvog standarda termina i oznaka, koje obradjuje Tehnički komitet - TC ISO 31/IV, kao dokument pod brojem 1778 i nazivom: "Veličine, jedinice, oznake, konverzioni faktori i konverziona tablice". Ovaj deo se usvaja i prerasta u STANDARD ISO 31, koji u seriji dokumenata obradjuje

"standarde veličina, oznaka i jedinica u osnovnim i tehničkim naukama", koje komitet izdaje 1973. godine, sa preporukom da se javna diskusija sprovede u toku narednih godina na međunarodnom i nacionalnim planovima.

Nazivi i oznake veličina i jedinica za sve osnovne i tehničke nauke predstavljaju, dakle, fizičke veličine i jedinice Međunarodnog sistema SI, obrađene u prilogu dokumenta ISO 31, koji je подељен na sledeće delove:

OZNAKA DOKUMENTA STANDARDA		NAZIV JUS-ovog STANDARDA
ISO/DIS	JUS	
31/0	A.A1.020	Opšti uvod- osnovni principi o veličinama, jedinicama i oznakama
31/1	A.A1.023	Veličine i jedinice za prostor i vreme
31/2	A.A1.024	Veličine i jedinice za periodične i srodne pojave
31/3	A.A1.025	Veličine i jedinice za mehaniku
31/4	A.A1.026	Veličine i jedinice za toplotu
31/5	A.A1.027	Veličine i jedinice za elektricitet i magnetizam
31/6	A.A1.028	Veličine i jedinice za svetlost i njoj srodne fenomene
31/7	A.A1.029	Veličine i jedinice za akustiku
31/8	A.A1.030	Veličine i jedinice fizičke hemije i molekularne fizike
31/9	A.A1.031	Veličine i jedinice za atomsku i nuklearnu fiziku
31/10	A.A1.032	Veličine i jedinice za nuklearne reakcije i jonizujuća zračenja
31/11	A.A1.033	Matematički simboli primenjeni u osnovnim i tehničkim naukama
31/12	A.A1.034	Bezdimenzionalni parametri
31/13	A.A1.035	Veličine i jedinice fizike čvrstog stanja

2. RAD NA ISO PREPORUKAMA U NAŠOJ ZEMLJI

Zakonski predstavnik naše zemlje u ISO je Savezni zavod za standardizaciju - SZS, koji svojim aktom br. 09-6278 od 2. juna 1976. godine donosi rešenje o formiranju radne grupe koju su činili: prof. M. Ranojević, prof. S. Veriga, prof. Dj. Bek-Uzarov, dr D. Prokić, dr Kalaj i dr M. Furić. Kasnije se formiraju dve grupe, oko Beogradskog i Zagrebačkog univerziteta, koje u javnoj diskusiji donose predloge za svoja jezička područja. Ubrzo se formira i grupa na DUBLJANSKOM univerzitetu.

Rešenjem SZS radna grupa dobija zadetak da formira dokument na srpskohrvatskom odnosno hrvatskosrpskom jeziku, koji će poslužiti kao osnova za prevodjenje na ostale. Ustavom Republike...

da narodnosti u Jugoslaviji. Radna grupa se istim rešenjem "uključuje u rad Tehničkog komiteta ISO/TC 12. Ona će proučavati predloge organizacije, stavljati eventualne primedbe i davati mišljenja prilikom usvajanja pojedinih dokumenata".

Na radu i formiranju predloga za javnu diskusiju takodje su učestvovali: prof. dr B.Lalović, prof. dr V.Ajdačić, prof. dr D.Popović, prof. dr J.Pop-Jordanov, prof. dr Lj.Novaković, doc. dr P.Marković i mr P.Mirić, koji su svojim korisnim savetima i preporukama u mnogo čemu doprineli poboljšanju kvaliteta standarda u javnoj diskusiji.

Rigorozno poštovanje Zakona o mernim jedinicama i merilima (usvojen 2.aprila 1976.god. a stupio na snagu 1.januara 1981.god.) u "javnom saobraćaju" obuhvata, nesumnjivo, publicističku i naučno-obrazovnu delatnost, tako da se smatra da je čas nastave u školi, na univerzitetu takodje, komunikacija sa statusom "javnog saobraćaja", što ima za posledicu pretnju zakonodavca u poštovanju samo Zakonom dopuštenih jedinica mera u celoj publicističko-obrazovnoj i naučnoj delatnosti.

Imajući sve ovo u vidu, kao i činjenicu da je zaključno sa 1980.godinom izdato samo nekoliko JUS-ovih standarda iz ove oblasti (prvih pet iz prethodne tabele), autori referata su sredili postojeće materijale radne grupe, uneli izmene i dopune prema preradjenom izdanju ISO standarda iz 1979.godine, i izdali delove ISO 31/8, ISO 31/9 i ISO 31/10 kao interne dokumente Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča. Dokumenti su dati u vidu rečnika u koje su uneti samo oni nazivi, oznake i konverzije koje je dala radna grupa ISO/TC 12, a koji su kod nas prihvaćeni posle javne diskusije, kao srpskohrvatska verzija delova 8,9 i 10 ISO 31 standarda i delova nacionalnih standarda JUS A.A1.030, JUS A.A1.031 i JUS A.A1.032, koji su još u pripremi.

Ovaj dokument treba da pomogne autorima, naučnim i javnim radnicima, da nadju preko definicija fizičkih veličina prave jedinice i njihov naziv, kao i njihovu zvaničnu konverziju usaglašenu sa Zakonom o mernim jedinicama i merilima i Zakonom o standardizaciji.

Autori će nastojati da u što kraćem roku obrade i materijale za ostale delove ISO standarda. Dalji rad je usmeren na formiranje rečnika sa nazivima fizičkih veličina na nekoliko svetskih jezika.

3. NAČIN KORIŠĆENJA REČNIKA

Da bi se savladao tehnički problem sloga ISO standarda, dokumenti su obradjeni u vidu rečnika na poseban način koji omogućava daleko lakše snalaženje nego u ISO standardima. Na primeru koji sleđi biće ilustrovano rešenje sloga sa svim elementima na koje je obraćena pažnja:

9-4.1. MASA ATOMA, MASA NUKLIDA, m_a , $m(X)$

Predstavlja masu atoma u mirovanju. Za vodonik ^1H je:

$$m(^1\text{H}) = 1,673\ 559\ 4 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1,007\ 825\ 036 \text{ u}$$

jedinica: kilogram, kg

Jedinica za masu je kilogram (kg). Kilogram je osnovna jedinica SI. Kilogram je masa međunarodnog etalona kilograma, koji je sankcionisala 1882. godine Prva generalna konferencija za tegove i mere, i koji se čuva u Međunarodnom birou za tegove i mere u Sevrn kraj Pariza. Može da se koristi i atomska jedinica mase (u), ali samo u hemiji i fizici.

Konverzija: $1 \text{ u} = 1,660\ 565\ 5 \times 10^{-27} \text{ kg}$

a. Pre svakog naziva veličine dat je broj koji se poklapa sa originalnom numeracijom odgovarajućeg ISO standarda, koji se zvanično objavljuje na engleskom, francuskom, ruskom i španskom jeziku. Držeći se date numeracije, može da se pronadje odgovarajuća veličina u ISO standardima, u primeru u ISO 31/9, na jednom od navedenih jezika.

b. Naziv veličine je dat velikim slovima. U slučaju da postoje dva odomaćena naziva, onda je kao prvi dat onaj koji se preporučuje prema Međunarodnom standardu, a tek iza njega je dat i drugi naziv.

c. Oznaka iste veličine nalazi se iza naziva veličine i odvojena je zavezom. U navedenom primeru je to m_a , $m(X)$.

d. Definicija veličine je data u malom proredu ispod naziva veličine i nikako ne služi kao zvanična definicija, već jedino omogućava da se sa dovoljno tačnosti i pouzdanosti identifikuje data veličina, čiji je naziv i oznaka citiraju. Definicija se često sastoji iz dva dela i to opisnog dela koji objašnjava fizički fenomen i matematičke relacije koja kratko objašnjava funkcionalne veze fizičke veličine o kojoj je reč.

e. Jedinica razmatrane veličine i njena oznaka dati su odmah ispod definicije, kao što je prikazano u primeru. Ovakav način prikazivanja

nja omogućava čitaocu lakše nalaženje jedinice bez obaveze da čita definiciju veličine. U nekim slučajevima je data definicija jedinice, koja je usaglašena sa Zakonom o mernim jedinicama i merilima. Na taj način jedinice i njihovi nazivi zadovoljavaju kriterijume legalne metrologije u SFRJ. Razumljivo, svaka jedinica je data sa nazivom u SI, ako ga ima, oznakom i dimenzijama.

f. Konverzija je data neposredno posle komentara o upotrebljivosti jedinice i to najčešće kada su dopuštene ravnopravno i systemske i vansystemske jedinice, kao npr. elektronvolt (eV) i džul (J). U tim slučajevima se treba vratiti na komentar ili napomenu ispred konverzije, jer je tu po pravilu dato ograničenje oblasti ili vremena u kojem se jedinica sme koristiti, poštujući zakonske propise u SFRJ. Konverzija sa vansistemskim jedinicama je izbegavana u skladu sa preporukom ISO, jer postoji bojazan da bi u tom slučaju moglo da dodje do zabune i da se shvati da su i vansystemske jedinice dopuštene. Konverzija vansistemskih i vanzakonskih jedinica u SI jedinice je predmet posebnog standarda.

Na kraju svakog rečnika je dat abecedni registar naziva fizičkih veličina. Pored svakog naziva je dat i odgovarajući broj na osnovu kojeg se data fizička veličina može pronaći u dokumentima ISO standarda, dokumentima standarda JUS-a, odnosno u rečnicima koje su napravili autori ovog rada.

Registri naziva sadrže 61 naziv veličina iz oblasti molekularne fizike i fizičke hemije (od 8-1.1. do 8-48.1.), 50 naziva veličina iz oblasti atomske i nuklearne fizike (od 9-1.1. do 9-37.1.) i 70 naziva veličina iz oblasti nuklearnih reakcija i jonizujućih zračenja (od 10-1.1. do 10-59.1.).

ABSTRACT

Three documents which deals with physical quantities and units in the various fields of science and technology are presented: International Organisation for Standardisation - ISO/DIS 31/8 (1979) in the field of physical chemistry and molecular physics, ISO/DIS 31/9 (1979) in the field of atomic and nuclear physics and ISO/DIS 31/10 (1979) in the field of nuclear reactions and ionizing radiations. These documents are related to the international standards. They facilitate finding of equivalent terms in English, French, Russian and Spanish, in original ISO documents. The documents

are prepared in Serbo-Croatian language.

LITERATURA

1. Dokumenti - International Organisation for Standardisation - ISO i to: ISO/DIS 31/8 (1979), ISO/DIS 31/9 (1979) i ISO/DIS 31/10 (1979)
2. Materijali radnih grupa u toku javne diskusije u Saveznom zavodu za standardizaciju i to: JUS A.A1.030, JUS A.A1.031 i JUS A.A1.032
3. Zakon o mernim jedinicama i merilima - Sl.list SFRJ br. 13/76

XI. Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.4.1981.

Branka Katušin-Ražem, Dušan Ražem i Igor Dvornik
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

i

Branko Briski
Republički zavod za zaštitu zdravlja SRH, Zagreb

KONTROLA OZRAČIVANJA NAMIRNICA I ZAŠTITA POTROŠAČA

Fredstoji uključivanje naše zemlje u međunarodnu akciju za očuvanje kvalitete i zdravstvene ispravnosti namirnica pomoću ionizirajućeg zračenja. U toku je razrada prijedloga odgovarajućih propisa prema kojima bi se vršio nadzor nad uvozom zračenjem obrađenih namirnica i koji bi služio kao osnova za komercijalizaciju postupka u zemlji. Diskutiraju se prihvatljivost međunarodnih prijedloga za propise, problemi kontrole procesa zračenja i zdravstvena ispravnost obrađene hrane.

UVOD

Nakon tridesetogodišnjeg iskustva u razvoju i primjeni ozračivanja hrane, tretiranje namirnica ionizirajućim zračenjem ocjenjuje se danas kao vrlo značajna komplementarna tehnika za očuvanje hrane i najznačajnije dostignuće prehrambene tehnologije od uvođenja konzerviranja, pred oko 100 godina. Primjenom ovog postupka znatno se smanjuje zagađenje kemikalijama namirnica i okoliša, postiže se ušteda na energiji za isti učinak, a u mnogim slučajevima postižu se učinci nedostupni konvencionalnim postupcima konzerviranja. Zbog prozornosti zračenja ovaj se postupak može primjeniti za uništavanje svih vrsta bakterija, insekata i drugih nametnika u već pakovanim namirnicama. Za razliku od toplinskih postupaka, ozračivanje ne dovodi do zagrijavanja, što omogućuje obradu i zamrznute hrane, te hrane pakovane u ambalaži koja ne može ispuštati toplinu (papir, drvo, plastike).

Uviđajući prednosti očuvanja hrane pomoću zračenja već je tridesetak zemalja ozakonilo postupke obrade raznih namirnica, tako da su ti postupci danas dozvoljeni za oko pedeset raznih namirnica.

Za širu javnost, međutim, primjena zračenja ne predstavlja očiglednu metodu za poboljšanje svojstava raznih materijala, uključujući i namirnice (ili pogotovo namirnice). Općenito, zračenje oštećuje većinu materijala pa je potrebno uložiti mnogo znanja i rada da bi se predvidjela i iskoristila povoljna djelovanja i učinci zračenja. Nije neobično da se za primjenu zračenja zalažu redovito oni stručnjaci koji zbog prirode svoje uže specijalnosti posjeduju dublje razumijevanje mehanizama interakcije zračenja s materijom, te samim tim istovremeno i kritičnost potrebnu da bi se mogla procijeniti i opasnost od štetnih učinaka. Nije stoga slučajno ni to da se kompleks pitanja i problema koji se nameću u vezi s ozračivanjem namirnica izlaže upravo pred ovim auditorijem.

Od mnogih aspekata ove tehnologije ovdje ćemo se ograničiti na aspekte u vezi sa zaštitom građana - potrošača od (eventualno) štetnog djelovanja zračenja, a neće biti govora o na pr. tehničkim, ekonomskim ili psihološkim aspektima postupka. Neke od njih dotakli smo u našim ranijim člancima (1,2).

Glavni uvjeti koji moraju biti zadovoljeni da bi se postigla neškodljivost ozračenih hrane jesu slijedeći:

- a) odsustvo mjerljive inducirane radioaktivnosti
- b) odsustvo patogenih organizama i njihovih toksina
- c) odsustvo toksičnih produkata radiolize

RADIOLOŠKI ASPEKT

Teoretska razmatranja, podjednako kao i eksperimenti, ukazuju da je energija gama zraka najčešće korištenih izotopnih izvora zračenja ^{60}Co i ^{137}Cs (1,25 i 0,66 MeV) daleko ispod praga za izazivanje fononuklearnih reakcija, što drugim riječima znači da ozračivanje gama zrakama ^{60}Co i ^{137}Cs ne

može dovesti do aktivacije nuklida u hrani, tj. do inducirane radioaktivnosti (3). (Najniži prag ima ${}^9\text{Be}$ za (γ, n) reakciju, 1,7 MeV, no berilij ionako ne smije biti u hrani iz drugih, toksikoloških razloga).

Druga vrsta izvora zračenja raširenih u industrijskoj praksi su akceleratori elektrona raznih tipova. Njihova se upotreba zasniva na činjenici da je kemijski učinak jednake doze gama- i elektronskog zračenja jednak. Međutim, ove dvije vrste zračenja bitno se razlikuju po svojoj prodornosti. Upotreba visokoenergetskih elektrona koji bi mogli deponirati potrebnu dozu i u materijalima veće debljine ne dolazi u obzir kod obrade komercijalnih artikala iz slijedećih razloga. Naime, visokoenergetski elektroni predstavljaju projektele koji mogu savladati kulonsku barijeru elektronskih omotača atoma, i prolazeći u blizini atomskih jezgara, proizvesti zakočno zračenje. Zakočno zračenje je elektromagnetsko zračenje kontinuiranog spektra, čija energija može, u principu, dosizati preko praga fotonuklearnih reakcija i tako inducirati nuklearne transformacije.

Srećom, naša hrana se sastoji od lakih elemenata koji, doduše, imaju niži prag za fotonuklearne reakcije, ali i mnogo manju vjerojatnost konverzije energije elektrona u zakočno zračenje. U takvom materijalu, dakle, sastavljenom od lakih elemenata nastane zanemarivo slabo zakočno zračenje, čija je energija usto ili niža od praga ili je toliko malo veća od njega da su udarni presjek, ili drugim riječima vjerojatnost nuklearne transformacije, vrlo maleni.

Nadalje, tri izotopa koji imaju najnižu energiju praga, ${}^2\text{H}$, ${}^{13}\text{C}$ i ${}^{17}\text{O}$, ujedno su i najrjeđi izotopi ovih elemenata, a k tome još daju produkte koji sami nisu radioaktivni.

Da bi osiguranje od inducirane radioaktivnosti bilo potpuno, upotrebljavaju se elektroni energije samo do 10 MeV. Radioaktivnost inducirana elektronima energije niže od 10 MeV može se samo procijeniti, a ne i izmjeriti, barem ne s današnjom tehnikom. U svakom slučaju, inducirana radioaktivnost

daleko je manja od radioaktivnosti normalno prisutne u prirodi. Naše tijelo i naša hrana sadrže ^{40}K , ^{14}C i ^3H i druge izotope, pa je razina prirodne radioaktivnosti ljudskog tijela reda veličine 10^4 Bq, a jednog kilograma mesa oko 200 Bq. Usporedbe radi, navodimo da je izračunato da je radioaktivnost inducirana u 1 kg goveđeg mesa elektronima od 10 MeV reda veličine 10^{-6} Bq (1 dezintegracija/tjedan). Povećanje energije elektrona na 16 MeV dovodi do povećanja inducirane radioaktivnosti na 10^{-2} Bq (4).

MIKROBIOLOŠKI ASPEKT

U zavisnosti od prirode namirnice i prirode njene kontaminacije mikroorganizmima razlikuju se i doze zračenja koje su potrebne da se postigne namjeravana zdravstvena ispravnost namirnica. Tako razlikujemo sterilizaciju i pasteurizaciju zračenjem.

Cilj je sterilizacije da se namirnice obrade tako da budu uskladištive na sobnoj temperaturi, što zahtijeva relativno visoke doze, reda veličine 50 kGy (5 Mrad). Ova doza uklanja najotporniji mikroorganizam, Cl. botulinum, tj. snižava njegovu populaciju za faktor 10^{12} , dakle na statistički zanemariv broj. Međutim, neki bezsporni članovi Moraxella acinetobacter i virusi još su otporniji na zračenje od spora Cl. botulinuma. Autolitički enzimi također se samo djelomično inaktiviraju zračenjem, te mogu pokvariti steriliziranu hranu ukoliko se ova čuva izvan hladnjaka. Srećom, toplinska obrada koja inaktivira autolitičke enzime istovremeno smanjuje radiorezistentnost bezspornih bakterija i virusa. Tako se proces sterilizacije sastoji od slijedećih postupaka: a) zagrijavanje do 65 - 75°C, b) pakovanje pod vakuumom u ambalažu nepropusnu za vlagu, zrak, svjetlo i mikroorganizme, c) ohlađivanje do temperature ozračivanja, obično -30°C i d) ozračivanje sterilizirajućom dozom. Ovakvo obrađene namirnice konzumirali su astronauti u misiji Apollo-Sojuz, a uključivale su šunku, govedinu, pureće odreske i biftek.(5)

Ciljevi radijacijske pasterizacije nešto su niži i usmjereni su na eliminiranje specifičnih organizama ili na produženje vremena uskladištenja uz hlađenje, te su i potrebne doze niže i iznose 1 - 10 kGy (0,1 - 1 Mrad). Radijacijska pasterizacija je posebno uspješna u borbi protiv Salmonelle koja se prenosi visokoproteinskom hranom, kao što su meso i mesne prerađevine, mliječne prerađevine i jaja. Budući da je Salmonella osjetljiva na zračenje, radijacijska pasterizacija superiornija je od konvencionalnih postupaka iz slijedećih razloga: za razliku od toplinskog postupka, zamrznuti proizvodi se mogu izložiti zračenju; za razliku od obrade etilenoksidom zračenje ubija ne samo organizme na površini već i u unutrašnjosti proizvoda, a ne ostavlja ni otrovni reziduum ni produkte njegovih interakcija; zračenje se može primjeniti na već pakovani proizvod, tako da se izbjegava ponovna infekcija, što je nemoguće s plinom i rijetko moguće pomoću topline. Još niže doze potrebne su za kontrolu trihina, trakavice i ehinokokusa. Atraktivna alternativa zračenju ljudske hrane je zračenje stočne hrane.

Vidimo da je s mikrobiološkog aspekta zračenje hrane daleko najpouzdanija metoda očuvanja namirnica zbog neselektivnosti zračenja koje ubija sve parazitne organizme, zbog njegove prodornosti, te minimalnih fizičkih promjena koje uzrokuje u hrani. O prirodi kemijskih promjena u ozračenoj hrani bit će više riječi u slijedećem odsječku.

TOKSIKOLOŠKI ASPEKT

Ozračivanje je prvi značajni postupak obrade hrane koji se razvio nakon što je uočena potreba da se jasno dokaže neškodljivost svakog postupka ili dodatka hrani prije njihovog usvajanja u praksi. Usprkos očitim tehničkim, ekonomskim i socijalnim prednostima, uzroke njegove spore komercijalizacije treba tražiti u psihološkim razlozima i predrasudama prema svemu što ima veze s ionizirajućim zračenjem. Drugi postupci, kao zagrijavanje, ohlađivanje i zamrzavanje, sušenje, so-

ljenje, dimljenje i kiseljenje prešutno se prihvaćaju na osnovu hiljadugodišnjeg iskustva i tek se odnedavno i ovi postupci kritički preispituju.

Očuvanje hrane zračenjem, kao i drugi vidovi mirnodopske primjene nuklearne energije, počeli su se najintenzivnije razvijati u Sjedinjenim Američkim Državama poslije rata. Ovaj razvoj, međutim, bio je znatno usporen Amandmanom o dodacima hrani iz 1958. na Zakon o hrani i lijekovima. Ovim amandmanom ozračivanje je izričito izjednačeno s "nenamjernih dodacima" hrani, a nije definirano kao proces obrade, što je imalo za poslijedicu da se zdravstvena ispravnost morala ispitivati po proceduri koja je potpuno neadekvatna kad je u pitanju fizičko-kemijski proces a ne dodatak. To je znatno poskupilo ispitivanja te, uz ostale razloge, usporilo i ograničilo razvoj ove tehnologije u SAD, a zbog njihove pionirske uloge, i u svijetu. Ista stanovišta zauzimao je sve do 1976. i Združeni komitet eksperata FAO/IAEA/WHO (Specijalizirane agencije Ujedinjenih Naroda: FAO = Food and Agriculture Organization - Organizacija za hranu i poljoprivredu, IAEA = International Atomic Energy Agency - Međunarodna agencija za atomsku energiju, WHO = World Health Organization - Svjetska zdravstvena organizacija).

Međutim, zahvaljujući sve boljem poznavanju fizičko-kemijskih posljedica interakcije ionizirajućeg zračenja s materijom, ovaj Komitet je 1976 zauzeo slijedeća stanovišta:

- a) da je analiza radiolitičkih produkata uklonila ranije sumnje u valjanost ekstrapolacija s jedne namirnice na drugu prilikom ocjenjivanja posljedica ozračivanja;
- b) da postoji velika sličnost u vrstama i prinosima radiolitičkih produkata u namirnicama sličnog sastava;
- c) da su moguća poopćenja i predviđanja radijacijsko-kemijskog ponašanja namirnica (6).

Ovi stavovi otvorili su mogućnost da se zdravstvena ispravnost ocjenjuje na osnovu poznavanja kemijskog sastava ozračenih namirnica i uvjeta ozračivanja, koji određuju produkte radiolize i njihove prinose. Čak i u namirnicama kompleksnog sastava priroda produkata radiolize pojedinih

sastojaka je ista, a njihovi prinosi određeni su koncentracijom prekursora, radijacijsko-kemijskom reaktivnošću i dozom, što su sve veličine koje se mogu mjeriti. Veliki praktični značaj ovog pristupa sastoji se u tome što je na osnovu njega postalo opravdano da se izda dozvola za sve članove jedne grupe namirnica ako je takva dozvola već dana za jednog ili više članova grupe na temelju opširnih i skupih ispitivanja zdravstvene ispravnosti, uključujući i testove s generacijama životinja uzgojenih na ozračenju hrani.

Ilustracije radi navest ćemo primjer procjene dnevno unesene količine radiolitičkih produkata koji je izrađen za SAD pod pretpostavkom da je 10% od prosječno unesene količine od 1,7 kg na dan bilo tretirano zračenjem (7). Ta procjena daje količinu od 2 - 20 mg radiolitičkih produkata na dan. Većina će ih biti spojevi koji se već nalaze u hrani ili su pak slični ili identični spojevima koji se mogu unositi bez ograničenja. Zanimljivo je ove brojke usporediti s količinama dnevno unesenih aditiva hrani i kontaminanata iz okoline. U SAD količina namjerno dodanih tvari (sintetskih bojila, antioksidanata, emulgatora, helirajućih i sekvistirajućih sredstava, konzervanasa, sredstava za izbljeđivanje i sazrijevanje, aromi, površinski aktivnih tvari i različitih metalnih soli) iznosi 4000 mg dnevno. Kontaminanti iz okoliša doprinose 80 mg dnevno, od čega većina otpada na olovo.

Također ilustracije radi navodimo i podatak da se u 1,7 kg dnevno sadrži i 1000 mg produkata koji potječu od konvencionalnih načina obrade hrane, uključujući kuhanje i konzerviranje, te da neki od njih nisu sasvim bezazleni.

ZAKONODAVNI ASPEKT

Zaključak Združenog komiteta eksperata FAO/IAEA/WHO iz 1976. kojim je ozračivanje hrane okvalificirano kao fizički proces a ne kao nenamjerni dodatak, dao je nove poticaje da se na međunarodnom planu pojača akcija za prihvaćanje postupaka sačuvanja hrane pomoću zračenja. Ova akcija rukovodi se

težnjom Ujedinjenih Naroda da se smanje gubici već proizvedene hrane kao alternativa povećanoj proizvodnji. Pritom vlada uvjerenje da se sve prednosti postupka mogu potpuno iskoristiti jedino ukoliko najveći mogući broj zemalja izvoznika i uvoznika hrane prihvati jedinstvene ili barem usaglašene međunarodne standarde i propise o kontroli i prometu ozračenih namirnica.

U donošenju zakona i propisa iz ove oblasti nacionalna zakonodavna tijela rukovode se preporukama i stavovima združenog programa FAO/WHO za standarde o namirnicama (Sistem Codex Alimentarius u koji je učlanjeno 117 zemalja, među njima i Jugoslavija). Komisija za Codex Alimentarius donijela je preporuku za Opći međunarodni standard za ozračene namirnice (8) kao i prijedlog Propisa za rad s izvorima zračenja koji se upotrebljavaju za obradu namirnica (9). Ovi dokumenti dostavljeni su zemljama članicama na usvajanje.

Kao pomoć pri izradi zakonodavstva u oblasti ozračivanja hrane, IAEA je 1979. objavila Model propisa o kontroli i prometu ozračenih namirnica (10). Ovaj dokument pretpostavlja da će zemlje zainteresirane za trgovinu ozračenim namirnicama prihvatiti Opći međunarodni standard za ozračene namirnice kao i Propis za rad s izvorima ionizirajućeg zračenja koje predlaže Komisija za Codex Alimentarius, i da su spremne ugraditi ove odredbe u odgovarajuće nacionalne propise.

Model propisa predstavlja kako osnovicu za multilateralni sporazum o kontroli ozračenih namirnica u međunarodnoj trgovini među zemljama koje su ga prihvatile, tako i zajednički uzorak za pojedina nacionalna zakonodavstva, da bi se osigurala slična i efikasna kontrola ozračenih namirnica. U svakom slučaju, Model je potrebno doraditi u pojedinim zemljama vodeći računa o specifičnostima pravnih sistema.

Kratki sadržaj Modela propisa je slijedeći:

Glava I - definira opće ciljeve i pojmove, a time i područje primjene

Glave II, III i IV - navode mjere koje se odnose na tri faze rukovanja ozračenim namirnicama:

- nadzor nad uređajima za ozračivanje namirnica
- nadzor nad ozračivanjem namirnica
- nadzor nad prometom ozračenih namirnica

Glava V - definira zakonske odredbe za uvođenje kaznenih mjera u slučaju nepoštivanja zakona i odgovornost za povrede uslijed napropisnog rukovanja ozračenim namirnicama.

Nadzor nad uređajima za ozračivanje namirnica ostvaruje se izdavanjem ovlaštenja za rad od strane nadležnih organa te povremenim pregledima od strane inspektora.

Nadzor nad ozračivanjem namirnica trebao bi pružiti garanciju da se obrada obavlja u skladu s tehničkim zahtjevima i da je obavljaju kvalificirane osobe.

Nadzor nad trgovinom ozračenih namirnica trebao bi spriječiti promet ozračenih namirnica koje nisu obrađene u skladu s međunarodnim propisima. (Zanimljivo je napomenuti da se Združeni komitet eksperata FAO/IAEA/WHO na sastanku potkraj prošle godine nije složio da je ozračene namirnice potrebno označiti posebnom etiketom na svakom pakovanju. Umjesto toga vjerovatno će se ovaj nadzor ostvarivati putem popratnog certifikata uz svaku šaržu.)

ZAKLJUČCI

Ozračivanje namirnica moglo bi i u našoj zemlji doprinijeti poboljšanju kvalitete ishrane stanovništva, ravnomjernijoj raspodjeli hrane po regijama, smanjenju gubitaka hrane na putu od proizvođača do potrošača te općem poboljšanju proizvodnje i gospodarenja hranom. Iz pregleda tehnoekonomskih aspekata slijedi da je ova tehnologija jednostavnije i jeftinija od konvencionalnih; iz diskusije o neškodljivosti postupka, čime se ovaj prikaz detaljnije pozabavio, slijedi i da je neškodljiviji za potrošača i sigurniji za okolinu. Međunarodni forumi pružaju podršku i aktivnu pomoć, kako kod ozakonjenja postupaka, tako i javnim objavljivanjem rezultata raznih istraživanja, čime oni postaju svojina svijeta.

Uvođenje nove tehnologije sa stariju sirovinama najčešće je skopčano sa zamjenom nečeg postojećeg, pri čemu treba računati na inerciju privrede. U mnogim slučajevima, među-

tim, ozračivanje ne bi predstavljalo konkurenciju nego prije nadopunu postojećih postupaka, pa izgleda da je glavni faktor koji usporava usvajanje psihološki, kako kod potrošača, tako i kod proizvođača.

Glavni uvjet, dakle, za postizanje komercijalizacije ozračene hrane je pravovremeno i kontinuirano informiranje jednih i drugih, proizvođača i potrošača, od strane kvalificiranih stručnjaka. Samo tako prevladat će se naslijeđeni odnos i navike prema hrani i predrasude prema ozračenoj hrani. U tom informiranju će vodeću ulogu imati stručnjaci koji se bave raznim aspektima hrane, posebno zračenja hrane, a među njima istaknuto mjesto trebali bi imati poznavaoци zračenja - članovi ovog Društva.

ABSTRACT

Our country is expected to join the international action for food preservation by irradiation. The internationally recommended Model Regulations for the Control of and Trade of Irradiated Food, presently under consideration, is seen as a basis providing domestic commercialization of this procedure. The acceptability of international recommendations, problems of irradiation control and wholesomeness of irradiated food are discussed.

LITERATURA

- (1) B.Katušin-Ražem, D.Ražem i I.Dvornik, Hrana i ishrana, 21, 131(1980).
- (2) D.Ražem i I.Dvornik: An assessment of prospects for radiation processing in Yugoslavia
Proc. Third International Meeting on Radiation Processing, Tokyo, October 26 - 31, 1980. Radiat.Phys.Chem., (u štampi).
- (3) H.W.Koch and E.H.Eisenhower: Radioactivity criteria for radiation processing of foods
Radiation Preservation of Food, Gould, R.F. (Editor)
Advan.Chem.Ser., 65, 87(1967)
- (4) R.L.Becker: A determination of the radioactivity induced in foods as a result of irradiation by electrons of energy between 10 and 16 MeV
U.S.Army Natick Research and Development Command (1979)
- (5) J.F.Diehl, Radiat.Phys.Chem., 9, 193(1977).
- (6) Toxicological Considerations in the Evaluation of Irradiated Foodstuffs. Secretariate Working Paper.
Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on Wholesomeness of Irradiated Food, Geneva, 27 October - 3 November 1980.
- (7) J.Schubert: Toxicological Studies on Irradiated Food
Food preservation by irradiation, Vol.II, IAEA (1978), p.3.
- (8), (9) i (10) preveo dr B. Briski, RZZZ SRH

2. s e k c i j a

RADIOEKOLOGIJA

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

P. S. Bojović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

IZVEŠTAJ O PROJEKTU "ZAŠTITA OD ZRAČENJA"/1980

I Podaci o Projektu i program rada

Na realizaciji ovoga Projekta, u čijem finansiranju učestvuje Republička zajednica nauke Srbije-Bеоград, saradjuju: Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita" (nosilac ugovora), Laboratorija za medicinsku zaštitu-"Radijaciona medicina", Institut za elektroniku i Institut za Fiziku, svi iz IBK.

Program obuhvata 8 problematika sa različitim brojem tema sledećih naziva:

1. DOZIMETRIJA ZRAČENJA: 1. Termoluminescentna dozimetrija,

2. Dozimetrijska standardizacija, 3. Analiza raspodele doza zračenja u ozračenju sredini i 4. Izučavanje zaštitnih svojstava baritnog betona za elektromagnetna zračenja energije do 400 KV.

2. RAZVOJ INSTRUMENTACIJE I SISTEMA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA:

1. Izrada programa za rad na računaru pri rešavanju problema interakcije beta zračenja sa materijom, 2. Istraživanje mogućnosti zaštite od preopterećenja elektrometarskih, strujnih i naponskih pojačavača, 3. Razvoj novih elektronskih sistema za generisanje malih jednosmernih struja, 4. Razmatranje mogućnosti primene i pregled elektronskih digitalnih ličnih dozimetara.

3. IZUČAVANJE, PRAĆENJE I PROCENE POJAVA IZVORA ZRAČENJA I DO-

ZA OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA ZNAČAJNIH ZA TERITORIJU SR SRBIJE: 1. Odredjivanje stepena radioaktivne kontaminacije radne sredine i okoline industrijskih pogona za proizvodnju fosforne kiseline i veštačkih fosfatnih đubriva i mere zaštite, 2. Radijacioni monitoring okoline.

4. RADIJACIONO OPTEREĆENJE I PROCESI MIGRACIJE RADIONUKLIDA:

1. Praćenje migracije radionuklida u akvatičnom sistemu, 2. Istraživa-

nje vremenskih promena koncentracije aerosola.

5. PROCENA IZLOŽENOSTI I RIZIKA IZLAGANJA STANOVNIŠTVA JONIZUJUĆEM I NEJONIZUJUĆEM ZRAČENJU I IZUČAVANJE I RAZRADA OSNOVA ZA FORMULISANJE I PRIMENU RADIJACIONIH NORMI ZA ČOVEKA I OKOLINU: 1. Doprinos ozračivanju stanovništva uslovljenog promenom prirodnog fona u urbanim sredinama SR Srbije, 2. Doprinos ozračivanju stanovništva od zračenja koje potiče iz građevinskih materijala.

6. IZUČAVANJE PROCESA I OPERACIJA ZA TRETMAN OTPADNIH RADIOAKTIVNIH MATERIJALA: 1. Sorpcija radionuklida na neorganskim sorbentima, 2. Sorpcija radionuklida na prirodnom modifikovanom bentonitu, 3. Razdvajanje čvrste i tečne faze u fluidizovanom sloju.

7. EFEKTI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA NA RADIOOSETLJIVE SISTEME - ASPEKTI RIZIKA I ZAŠTITE: 1. Somatski efekti jonizujućih zračenja, 2. Efekti spoljašnje dekontaminacije u prevenciji ozračivanja organizma, 3. Istraživanje kontaminacije organizma od otvorenih izvora zračenja na teritoriji SR Srbije.

8. SISTEMSKI I DRUGI PROBLEMI ZAŠTITE OD ZRAČENJA: 1. Sistem za zaštitu od zračenja, 2. Zaštita od zračenja i javnost.

II Opšte karakteristike Projekta

Cenimo da je za namenu i obim ovoga izveštaja vrlo korisno istaći i obrazložiti neke opšte karakteristike Projekta, koje se mogu rezimirati na sledeći način:

1. Multidisciplinarni pristup, što je osnovna filozofija sa kojim je startovala oblast zaštite od zračenja u IBK pre dvadeset i više godina, a koji su pojedini saradnici ovoga Projekta praktikovali još mnogo ranije, tj. u vreme intenzivnog rada na zaštiti od zračenja kada još nisu bile osnovane Laboratorije u kojima je zaštita osnovna, ili jedna od glavnih delatnosti;

- Ovaj pristup je očigledan iz programske orijentacije za koju su potrebna znanja iz bio-medicinskih, fizičko-hemijskih i tehničko-tehnoloških nauka, a na čijoj su realizaciji angažovani hemičari, fizičari, inženjeri raznih struka, meteorolozi, lekari, farmaceuti i biolozi.

2. Povezanost osnovnih, usmerenih i razvojnih istraživanja sa praktičnim problemima i tehnologijama sprovođenja zaštite od zračenja;

- Ova povezanost odnosi se podjednako na kratkoročne i dugoročne

probleme zaštite od zračenja i može se zaključiti u skoro svakom zadatku; to važi i za pojedine probleme koji su deo, komponenta nekog uređjaja, metode, kao što su zadaci problematike br. 2, ili zadaci iz problematike br. 7.

3. Realnost ranijih procena o mogućnosti stvaranja sopstvene tehnologije, o izvozu proizvoda i licenci;

- Ove procene su realizovane za TL dozimetre, koji su u svetu poznati kao TLD-IBK. Na bazi osnovnih-usmerenih i razvojnih istraživanja, zatim na osnovu probnih serija poluindustrijske proizvodnje i verifikacije u praksi, postignuto je sledeće: a) Patentirane su metode za proizvodnju dva tipa TLD, b) Iz inostranstva stižu zahtevi za ponude sa uslovima isporuke TLD-IBK, c) Licenca, neisključiva, prodana je firmi Harshaw Ch.Co., USA, a u toku su pregovori sa još jednom firmom iz Amerike.

- Po temi sopstvenih tehnologija i proizvoda u toku su još neke realizacije, koje su razvijene u okviru ovoga Projekta, a za koje sredstva dolaze izvan RZNS.

4. Projekat obuhvata i zadatke koji su od opšteg značaja za zaštitu od zračenja, čime se pokušava da nadoknadi nedostatak nekog organa uprave, ili druge odgovarajuće institucije koja bi bila zadužena da programira i da insistira na realizaciji ovakvih zadataka, a zatim na sprovođenju prihvaćenih rezultata, tehnologija, organizacije i slično.

Od zadataka ovakvog karaktera navodimo:

- Dozimetrijska standardizacija. Sa razvojem i delatnošću u ovom domenu dosta smo deficitarni, a upotreba dozimetrijske instrumentacije i merenje doza bez dozimetrijske standardizacije isto je što proizvodnja i upotreba uređjaja za merenje težine i dužine bez odgovarajućih etalona.

- Sistemski i drugi problemi zaštite od zračenja. Ova tema inspirisana je konstatacijama da su regulativa, tehnologije i ukupna delatnost u oblasti zaštite od zračenja ispod dometa sopstvenih potencijala. Ova tema je u nas relativno nova pa treba uložiti puno truda i strpljenja do očigledne pojave prvih rezultata.

5. Vrlo značajna karakteristika koja opravdava veće i kompleksne projekte jeste skup kvalifikovanih stručnjaka, koji može odgovorno da ceni, kako programsku orijentaciju, tako i postignute rezultate. Projekat "Zaštita od zračenja" obuhvata stručnjake sa različitim,

ali komplementarnim usmerenjima, a to su istraživačko razvojni rad, sprovođenje, tj. tehnologije zaštite, kao i rad na sistemskim i sličnim problemima. Ovakav skup omogućava vrlo korisnu izmenu iskustava, znanja i ideja, čime se obogaćuje svaki pojedinac-učesnik na Projektu, program i rezultati Projekta, a time povećava i doprinos Projekta razvoju društva u celini.

III Elementi doprinosa osnovnim pravcima razvoja SR Srbije

Ovaj Projekat pripada u osnovi pravcu zaštite životne sredine, međutim, nesumnjiv je doprinos u nekim drugim pravcima, a naročito u oblasti hrane, sirovina i energije, na pr.:

Energija

- Za nuklearnu energiju potrebne su sve problematike Projekta, jer rezultati zadataka imaju upotrebnu vrednost za ceo ciklus nuklearne tehnologije, počev od rudnika urana, pa preko elektrane do stokiranja otpadnih radioaktivnih materijala. Ovo važi kako za postrojenja nuklearne tehnologije i profesionalno zaposleno osoblje, tako za okolinu i šire stanovništvo;

- Za hidroenergiju značajni su rezultati iz problematike 4, a naročito zadataka "Praćenje migracije radionuklida u akvatičnim sistemima, zbog pojave deponovanja i distribucije radioaktivnih izotopa u akumulacionim jezerima hidroelektrana;

- Za termoelektrane na uglj važni su rezultati iz problematike 6, i to uglavnom zbog podataka potrebnih za procene i proračune parametara za procese kontaminacije podzemnih voda do kojih dopiru otpadne vode iz elektrana i vode koje nastaju u okolini deponija šljake. Za okolinu ovih termoelektrana biće od značaja i radijacioni monitoring sistem zbog kontrole eventualnog prisustva urana u dimnim gasovima, što se mora pripremiti, obzirom na činjenicu da neki naši ugljevi imaju značajne sadržine urana, a da su u svetu poznate neke termoelektrane koje zbog sadržaja urana u uglju izbacuju u okolinu radioaktivne elemente koji ozračuju okolno stanovništvo i po 100 puta više nego nuklearne elektrane.

Sirovine

Za oblast sirovina za sada se mogu identifikovati dva značajna zadatka:

- Zadatak 4 iz problematike 1. izučava zaštitna svojstva baritnog betona za elektromagnetna zračenja od 400 KV, što je potrebno za zaštitu u medicinskoj upotrebi zračenja tokom dijagnostike i terapije. Ovo je tipičan zadatak koji proširuje uporebnu vrednost nekih materijala klasične namene.

- Zadatak 2 iz problematike 5 izučava radijacioni uticaj koji potiče od zračenja iz građevinskih materijala; ovi rezultati poslužiće zakonodavcu da realno proceni dozvoljene koncentracije radioaktivnih izotopa u građevinskim materijalima i nekim drugim sirovinama, a takodje doprinosi proceni i dugoročnoj radijacionoj bezbednosti stanovištva od zračenja građevinskih materijala.

Hrana

I za proizvodnju hrane imamo takodje dva značajna zadatka:

- Za sve poljoprivredne proizvode od posebnog je značaja razvoj metode za merenje alfa zračenja za sve poljoprivredne površine koje se prehranjuju veštačkim đubrivima, kao i za sve poljoprivredne proizvode sa ovih površina. Ovo zbog činjenice što uvezeni fosfati sadrže oko 100 grama urana po toni i što se godišnje na naše njive baci preko stotinu tona urana. Metoda za merenje alfa zračenja poslužiće za proučavanje distribucije urana i njegovih proizvoda raspada kroz obradive površine, a takodje i za proučavanje deponovanja ovih izotopa u poljoprivrednim proizvodima, zadatak 2, tema 2, problematika 3.

- U vanrednim okolnostima živina predstavlja vrlo važan faktor ishrane zbog svoje brze reprodukcije i relativno kratkog vremena uzgoja. Zbog toga cenimo da su veoma korisni rezultati o ponašanju stabilnih hemijskih elemenata, čiji radioaktivni izotopi mogu biti realni kontaminanti životne sredine; zadatak 2, tema 1 iz problematike 3.

IV Spisak radova

1. M.Prokić: "Development of highly sensitive $\text{CaSO}_4:\text{Dy/Tm}$ and $\text{MgB}_4\text{O}_7:\text{Dy/Tm}$ sintered thermoluminescent dosimeters", Nuclear Instruments and methods 175(1980) 83-88

2. P.Mirić: "Sekundarni etaloni za merenje jačine ekspozicionih doza namenjen za verifikaciju instrumenata koji se koriste za merenje u zaštiti od zračenja", IBK publikacija
3. I.Mirić, R.Ilić, M.Vukčević: "Odredjivanje spektra, fluensa i doze neutrona unutar fantoma ozračenog monoenergetskim neutronima", VII Kongres matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije, Bečići, 6-11 oktobra, 1980.god.
4. Dj.Ristić, P.Marković, S.Vuković: "Koeficijenti slabljenja X-zračenja za baritni beton za energiju do 250 KeV", VII Kongres matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije, Bečići, 6-11 oktobra 1980
5. M.Šmelcerović: "Interakcija elektrona sa tankom metom" (interna publikacija)
6. D.Damljanović, V.Arandjelović: "Jedno rešenje konvertora strujaučestanost za širok opseg malih struja", Konferencija ETAN-a, Priština, maj 1980.
7. A.M.Koturović: "Application of the arithmetic processor in radiological protection instrumentation", Konferencija: Application of microprocessors in devices for instrumentation and automatic control, London, oktobar 1980.god.
8. G.Djurić, N.Ajdačić: "Determination of microelement content in the samples from the cycle of intensive poultry breeding", Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol.59, No.2 (1980) 435-443
9. P.S.Bojović: "Razvoj monitoring sistema životne sredine za teritoriju SR Srbije" (Predlog Projekta)". Dostavljeno Osnovnoj zajednici za nauku Srbije.
10. Lj.Vasiljević, J.Simonović, I.Mirić, D.Veličković: "Merenje alfa zračenja različitih energija pomoću celuloznih nitrata", VII Kongres matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije, Bečići, 6-11 oktobar, 1980.god.
11. R.Smiljanić, D.Patić: "Odredjivanje faktora spiranja radioaktivnih materijala iz vazduha analizom trajanja padavina" IBK publikacija
12. P.Marković, Ž.Ilić: "Procena ozračenosti stanovništva u jednom naseljenom mestu od RAG-a montiranom u tom mestu"
13. P.Marković, Dj.Ristić: "Doprinos ozračivanju stanovništva od zračenja koje potiče od građevinskih materijala"
14. S.Lazić, Ž.Vuković and I.V.Melikhov: "Self-diffusion in barium

- carbonate microcrystals with growth defects" Glasnik hemijskog društva, Beograd, 45 (4-5), (1980) 85-90.
15. S. Bačić: "Samodifuzija i električna provodljivost u mikrokristalima BaCO_3 taloženih iz rastvora" Izveštaj o napredovanju
 16. S. Lazić, Ž. Vuković, I. V. Melikhov: "Mechanism of strontium microimpurity sorption by barium carbonate", Glasnik hemijskog društva Beograd, 45 (7-8), (1980) 295-299.
 17. Lj. Knežević, O. Janković: "Promena sorpcionih i filtracionih osobina bentonitskih glina posle hemijske i termičke obrade", I Jugoslovenski simpozijum o keramici, 19-21 januar 1981.g.
 18. Lj. Knežević, O. Janković i M. Mandić: "Proučavanje sorpcije i migracije radioaktivnog stroncijuma pri filtraciji radioaktivnih voda kroz zemljište", XXIII Savetovanje hemičara SR Srbije, 19-21 januar 1981.g.
 19. I. Plečaš, Ž. Vuković: "Analiza efikasnosti taloženja kalcijumferifosfatnih flokula u vertikalnoj koloni" Izveštaj o napredovanju
 20. D. Veljković, B. Aleksić: "Značaj hematološke, neurološke i kardiološke kontrole u proceni zdravstvenog stanja radnika profesionalno izloženih jonizujućem zračenju". Rad će biti saopšten na XI simpozijumu JDZZ koji će se održati u Portorožu 1981.g.
 21. M. Besarabić, B. Aleksić: "Učestalost i karakteristike kardiovaskularnih promena kod radnika na nuklearnom reaktoru", XI Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Portorož, april 1981.g.
 22. K. Milivojević, D. Stojanović: "Procena apsorbovanih doza u uslovima eksterne i interne kontaminacije organizma radionuklidima". Rad će biti saopšten na XI simpozijumu JDZZ koji će se održati u Portorožu 1981.g.
 23. Dj. Bek-Uzarov, Z. Djukić: "Procena apsorbovane doze zračenja od radionuklida u organizmu stanovnika beogradskog regiona", Rad će biti saopšten na XI simpozijumu JDZZ koji će se održati u Portorožu 1981.g.
 24. T. Tasovac: "Mišljenje o dokumentu Teza za zakon o nuklearnoj energiji" Dostavljeno SIV-u; ograničena distribucija.
 25. P. S. Bojović: "Prilog razmatranju teza za zakon o nuklearnoj energiji" Dostavljeno SIV-u; ograničena distribucija.
 26. P. S. Bojović, M. Ninković: "Tehnologije nuklearnog gorivnog ciklusa i rizik ozračivanja stanovništva", Savetovanje: "Obezbeđivanje korišćenja i prerade nuklearnog goriva u Jugoslaviji", Donji Milanovac, 14, 15. 4. 1980.

V Statistički pregled i završni komentar

Analizom radova može se dati sledeći statistički pregled: 18 radova publikovano je ili u pripremi za štampu u časopisima ili u materijalima sa konferencija i simpozijuma u zemlji i inostranstvu, od čega je 12 na domaćem, a 4 na stranim jezicima; 6 radova su za sada interne publikacije koji će takodje biti objavljeni u časopisima ili izloženi na konferencijama u zemlji i inostranstvu; 1 doktorska teza odbranjena je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, septembra 1980. (tema 4.4.), u toku: 2 rada su delovi doktorskih disertacija; 3 rada su delovi magistarskih teza; 1 rad je deo diplomskog rada.

Iz radova u prilogu mogu se izvesti i sledeći zaključci:

U okviru skoro svih problematika povezana su osnovna i razvojna istraživanja sa odredjenim ciljem i namenom, koja je u nekim slučajevima i višestruka; ovom prilikom mislimo na radove čiji se rezultati mogu primeniti i u oblastima izvan zaštite od zračenja.

- Povezanost osnovnih i razvojnih istraživanja dovela je do osvajanja tehnologija za TL dozimetre, a isto se očekuje i po drugim temama iz ove problematike. Ovako koncipirana istraživanja omogućila su proizvodnju vrlo kvalitetnih instrumenta za merenje zračenja problematika br.2, a iz radova na problematici 6. rezultovala je ukupna osposobljenost za tehnologije i projektovanje potrebnih uređaja, odnosno postrojenja za tretman otpadnih radioaktivnih materijala. Isto važi i za ostale problematike ovoga Projekta.

- Sa ovakvom koncepcijom planiranja postižu se vrlo značajni rezultati iz sprege program-školoavanje kadrova, što se može rezimirati na sledeći način: delovi programa, odnosno zadataka uzimaju se kao doktorske ili magistarske teze, čime se obezbeđuje visok nivo rezultata; sa druge strane, za sticanje naučnih zvanja nije potrebno tražiti probleme izvan Projekta, što znači obezbeđeno finansiranje, doduše delimično, a i moralnu podršku kandidatu zbog činjenice da radi na problemu koji je društveno verifikovan.

Ovi zaključci upućuju na potrebu da se saglasno aktuelnom nivou društvenog razvoja koriguju i dopunjavaju kriterijumi za vrednovanje istraživačko-razvojnih programa i ocenu postignutih rezultata.

Verovatno je da su bili ispravni nekadašnji kriterijumi, a između ostalih i oni po kojima se najviše vrednovao broj radova objavljen u odredjenim kategorijama stranih časopisa, jer to, nesumnjivo ukazuje na kvalitet rada, a od značaja je i faktor nacionalnog prestiža u domenu nauke. Danas, međjutim, ovi kriterijumi moraju se proširiti, tj.

u njih ugraditi osnovne intencije o razvoju SR Srbije i stavovi da je nauka najznačajniji faktor društvenog progressa, a naročito u domenu tehničko-tehnološkog razvoja.

Abstract

The report contains: the basic data about the project, programme of work and some general characteristics of the project. The elements of the contribution to the basic directions of the development of SR Serbia are laid down.

Besides quoting the list of published papers, the report contains statistical review and the conclusion.

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

M. Zarić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

ISTRAŽIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH I NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA
U OKVIRU PROGRAMA NAUČNO ISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI NA ZAŠTITI I
UNAPREDJIVANJU PRIRODE I ČOVEKOVE SREDINE U SR SRBIJI

Rezime

Prikazani su podaci o realizovanim aktivnostima u toku trogodišnjeg perioda (1977-1980.god.) za pojedine grupe problema koji su obradjivani u sklopu multidisciplinarnog projekta.

Projekat "Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja", predstavlja operativnu verziju prioritnog i dugoročnog zadatka definisanog u "Programu naučno istraživačke aktivnosti na zaštiti i unapredjivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji". Osnovu rada na projektu predstavljaju "Zajednički usaglašen program", prihvaćen od institucija učesnika i usaglašeni planovi rada za 1977/78, 1979 i 1980.godinu. Osnovni podaci o projektu, koji se odnose na organizaciju, način finansiranja, učesnike, programe, oblasti istraživanja i dr., prikazani su u radu identičnog naslova, referisanom na predhodnom simpozijumu.

Namena ovog izlaganja je samo ta, da se učini osvrt na obradivanu problematiku tokom proteklog perioda i da takav osvrt posluži kao osnova za dalje okupljanje zainteresovanih i proširivanje i usmeravanje zajedničkog rada na postojećim problemima.

Izvedena istraživanja su dala adekvatne odgovore na zadatke definisane programom u najvećoj mogućoj meri a za date uslove rada. U proteklom periodu, ocenjeni su stepen i stanje zagadjenosti životne sredine i rasmotrena su ostala pitanja u vezi sa postojećim stanjem-angažovane institucije, kadrovi, oprema, analiza objavljenih radova i dr. a sa stanovišta pojedinih grupa problema.

U oblasti dozimetrije zračenja u životnoj sredini izvršene su analize ozračenosti osoba od različitih izvora zračenja i rasmatrana su pitanja u vezi doza od interne kontaminacije. Dosadašnja istraživanja u oblasti lične dozimetrije, pokazala su da se praćenjem ozračivanja (spoljašnjeg i unutrašnjeg) osoba koje profesionalno dolaze u dodir sa izvorima zračenja, ujedno vrši identifikovanje nepotrebnih ozračenja i iznalaženje postupaka i metoda za smanjivanje njihovog ozračivanja. Posebno, razvijana je metodologija za procenu ukupne doze zračenja kojoj su izloženi stanovnici SR Srbije, uključujući i pojedinačne grupacije koje profesionalno dolaze u dodir sa izvorima jonizujućih zračenja. Identifikovani su postupci i metode koje je neophodno standardizovati radi praćenja genetske doze za stanovništvo. Radi povećanja preciznosti i pouzdanosti merenja interne kontaminacije razvijan je "fantom" za ⁴⁰K.

Biomedicinski problemi izučavani su preko somatskih, genetskih i embriogenih efekata zračenja. Rezultati dobiveni tokom biomedicinskih istraživanja u oblastima radioprotekcije i terapije, biodozimetrije i određenih testova mogu se primeniti za razvoj i unapređivanje zaštitnih mera tj. za smanjenje štetnog delovanja jonizujućeg zračenja. Istraživanja somatskih, genetskih i embriogenih efekata jonizujućeg zračenja doprinelo je razradi testova, bioloških dozimetara zračenja u "in vivo" i u "in vitro" sistemima, koji se mogu koristiti za određivanje stepena radijacionog oštećenja kod izlaganja malim dozama zračenja. Naučni doprinos predstavljaju rezultati dobiveni u oblastima dijagnostike, procene postiradijacionih oštećenja, sinergetskog delovanja zračenja i hemijskih agenasa, radioprotekcije i terapije.

Kod proučavanja problema radionuklida u životnoj sredini izvršena je sinteza dugogodišnjeg rada na kontroli radioaktivnosti životne sredine SR Srbije i dati su brojni podaci o regionalnoj raspodeli. Rad na izradi prognostičkog modela kontaminacije životne sredine i na elementima monitoring sistema predstavljao je značajan deo aktivnosti. Proučavani su i problemi translokacije određenih radionuklida kod nekih ekoloških sistema. Rezultati dobijeni kod proučavanja uticaja karakteristika prizemnog sloja atmosfere na raspodelu koncentracije beta radioaktivnih materija u vazduhu predstavljaju podlogu za dalji rad na izučavanju osobenosti topografije, lokalne urbane geometrije i vegetacije i njihovog uticaja na raspodelu kontaminacije u vazduhu a na osnovu razvijene metode analize raspodele.

Rezultati istraživanja o radijacionom riziku i sistemu zaštite u ciklusu animalne proizvodnje (eksperimentalni podaci o translokaciji i akumulaciji biološki značajnih radionuklida u komponentama lanca ishrane, o upotrebljivosti takvih namirnica za ljudsku i stočnu ishranu) predstavljaju direktan doprinos smanjenju uticaja zagađene životne sredine na stanovništvo. Istraživanja ovakvih pojava kod animalne proizvodnje doprinosi razjašnjavanju problema radijacionog opterećenja i radijacionih efekata kod domaćih životinja. Značajni podaci dobiveni su kod proračuna radijacionog opterećenja goveda, u određivanju osetljivih parametara za procenu oštećenja, kod pojava hronične alimentarne kontaminacije živine i dr.

Tehničke i tehnološke mere zaštite od zračenja odnose se na građevinske mere i tehnička sredstva zaštite kod određenih sistema na podatke o ozračivanju kod primene mera zaštite i bez njih; na faktore koji uslovljavaju zaštitne mere kod tehnoloških postupaka; na eksperimente o zaštitnim osobinama određenog stakla za X-zračenje. Medicinske mere zaštite obuhvataju analizu podataka o zdravstvenoj kontroli lica profesionalno izloženih zračenju dok se biološke mere odnose na proučavanje biotehničke protekcije od radijacione bakterijemije.

Kod rasmatranja pitanja radioaktivnih otpadaka dat je detaljan prikaz stanja i količina radioaktivnih otpadnih materija u životnoj sredini SR Srbije, njihova klasifikacija kao i prikaz svih radova iz te oblasti od interesa za rasmatranje ove problematike. Dec materijala odnosi se na i na pitanja sistemskog rešavanja problema radioaktivnog otpada na teritoriji Republike. Rasmotrena je šema za utvrđivanje balansa radioaktivne materije u upotrebi-radioaktivne otpadne materije, kojom su obuhvaćena pitanja godišnje produkcije radioizotopa, njihove distribucije, i postupaka sa radioaktivnim otpadom.

U okviru proučavanja zavisnosti pitanja narodne odbrane, vanrednih situacija, aksidenata i zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja i stanja koja se najvećim delom regulišu zakonskim aktima, izvršeno je uslovno karakterisanje sagleđanih pojedinačnih problema. Rasmatrani su poreklo kontaminacije životne sredine, potencijalni nedostaci u propisima, organizaciji i merama, sve u vezi sa vanrednim situacijama. Eksperimentalni rad odnosio se na utvrđivanje radioaktivnosti u nepreradenim proizvodima životinjskog porekla u uslovima kontaminacije.

U toku 1980. godine započeto je i sa istraživanjima nejonizujućih zračenja. Pristupilo se eksperimentima za određivanje graničnih vrednosti zračnih opterećenja kritičnih organa domaćih životinja, helijumsko-neonskim laserom i proučavanju bioloških efekata.

Kod prikazanih delatnosti i pored raznovrsnosti problematika, mogla se zapaziti tendencija ka većoj ujednačenosti u načinu obrade, povećavanju aplikativnosti dobijenih rezultata i povećanoj saradnji unutar projekta. U toku rada na projektu prikupljeno je vrlo mnogo analitičkog i eksperimentalnog materijala u oblasti svakog pojedinačnog zadatka odnosno grupe problema. Radi maksimalne eksploatacije takvih materijala nameće se potreba da se u sledećem periodu izvrši sveukupna analiza raspoloživih podataka a na bazi njihove međusobne zavisnosti.

Na zadacima i problemima u toku radne godine prosečno je učestvovalo oko 80 saradnika sa ograničenim vremenom angažovanja. Rezultati trogodišnjeg rada prikazani su kroz 52 priloga.

Abstract

The Investigation of Ionization and Non-Ionization Radiation Protection relating to the "Scientific Investigation Activity Programme in the Field of the Environment Protection in the Socialist Republic of Serbia."

The basic informations on the activities, during three years period, carried out in the project "The Investigation of Ionization and Non-Ionization Radiation protection." are presented.

Literatura

1. Godišnji Izveštaj o radu na projektu sa prilogima, RZNS, Beograd, juli 1978.
2. Ibid, januar 1980.
3. Ibid, januar 1981.

XI. Jugoslovanski simpozij iz
zaščite pred sevanji

Portorož, 21.-24.4.1981

M.Mihailović, M.V.Mihailović, M.Toplišek

Institut "Jožef Stefan"

Univerza E.Kardelja, Ljubljana

PREDIKCIJA AKTIVNOSTI ^{90}Sr U MLEKU IZ
PODATAKA O AKTIVNOSTI ^{90}Sr U PADAVINAMA

U sledečem čemo dati rezultate radova koji pretpostavljaju prvu fazu izračunavanja komitment doze od ^{90}Sr na stanovnika Jugoslavije.

Ista metodologija, pomoću koje smo izračunali ^{90}Sr u mleku iz rezultata ^{90}Sr u padavinama, može da se upotrebi za izračunavanje koncentracije ^{90}Sr u mleku u slučaju akcidenta, t.j. ispuštanja ^{90}Sr kao aerosola iz nuklearnih elektrana.

1. Metodologija

Model okoline koji upotrebljavamo za izračunavanje komitment doze, t.j. opisivanje niza događaja od ulaska aktivnosti radionuklida do ozračivanja čoveka, možemo da pretpostavimo pomoću kompartmenta. Brzina prelaza radionuklida iz jednog u drugi kompartment je definisan pomoću konstante, ili vremenske funkcije. Upotreba kompartment modela pretpostavlja značajna pojednostavljenja stvarnih procesa prenosa. Komitment doza od datog radionuklida je integral preko beskonačnog vremena od "per caput dose rate-a" koji je posledica uvedene aktivnosti radionuklida. Poje-

dine faze u redosledu od ulaska radionuklida do komitment doze opišemo kao kvocijent beskonačnog vremenskog integrala odgovarajuće količine u fazi j u redosledu i beskonačnog vremenskog integrala odgovarajuće količine u pretkodnoj fazi i . Ti kvocijenti defini-
 raju faktore prenosa, P_{ij} , na putu od uvedene (ulazne) aktivnosti radionuklida u okolinu do doze na čoveka

$$P_{ij} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} M_j(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} M_i(t) dt},$$

gde je P_{ij} faktor koji povezuje kompartment j i prethodni kompart-
 ment i . $M_i(t)$ i $M_j(t)$ su odgovarajuće količine (specifične aktiv-
 nosti) u odgovarajućim kompartmentima u vremenu t .

Kada se radi o ^{90}Sr , čovek dobija najveću dozu od unosa hrane. Dozu od spalješnjeg zračenja možemo zanemariti. Tako je komitment doza od ^{90}Sr

$$D^c = P_{23} \times P_{34} \times P_{45} \times F = P_{234} \times P_{45} \times F$$

gde je faktor prenosa iz padavina u hranu

$$P_{23} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} C(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt}$$

$C(t)$ je $^{90}\text{Sr}/\text{gCa}$ kvocijent u hrani u vremenu t ; a
 $f(t)$ je takozvani "deposition density rate" od ^{90}Sr u
 vremenu t ;

P_{34} je faktor prenosa koji povezuje hranu i čovečije kosti t, j

$$P_{34} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} Q(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} C(t) dt}$$

$Q(t)$ je kvocijent $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ u kostima u vremenu t uzet kao
 srednja vrednost za populaciju;

$C(t)$ je odgovarajući kvocijent u hrani u vremenu t , takođe
 srednja vrednost za populaciju;

- P_{234} je faktor prenosa za ^{90}Sr iz padavina u kosti;
 P_{45} je faktor prenosa koji povezuje aktivnost ^{90}Sr u tkivu
 i dozu u tkivu;
 F je "integrated deposition density" od ^{90}Sr .

U prvoj fazi smo se koncentrisali na određivanje potrebnih parametara za izračunavanje faktora prenosa padavine - hrana, P_{23} , koji se za diskretne vremenske intervale h , može da napiše

$$P_{23} = \frac{\sum_{i=-\infty}^{\infty} h C(i)}{\sum_{i=-\infty}^{\infty} h f(i)}$$

Doprinos pojedine komponente hrane uračunavamo tako da gornju jednačinu napišemo

$$P_{23} = \sum_j W_j \frac{\sum_{i=-\infty}^{\infty} C_j(i)}{\sum_{i=-\infty}^{\infty} f(i)} = \sum_j W_j P_{23}^j$$

gde je W_j deo doprinosa C_a od vrste hrane j ukupnom kalciju u prehrani;

$C_j(i)$ je $^{90}\text{Sr}/\text{gCa}$ kvocijent u toj vrsti hrane j .

Kvocijent $^{90}\text{Sr}/\text{gCa}$ u jednoj vrsti hrane povežujemo s prethodnim i sadašnjim "deposition density rate" od ^{90}Sr , pomoću prenosne funkcije. Upotrebili smo sledeću prenosnu funkciju

$$C_j(i) = b_1^j f(i) + b_2^j f(i-1) + b_3^j \sum_{m=1}^{\infty} \lambda^{-\mu m} f(i-m)$$

gde je $f(i)$ godišnja "deposition density" u godini u kojoj operujemo, $f(i-1)$ je godišnja "deposition density" u prethodnoj godini, sabiranje se nastavlja za sve prethodne godine tako, da se daje teža sa eksponencijalnim članom, koji opisuje fizičku razpad radionuklide i smanjuje njegove dosegljivosti korenima biljke. Faktori b_1^j , b_2^j i b_3^j , te efektivno srednje vreme dosegljivosti $^{90}\text{Sr} \lambda^{-1}$, možemo da dobijemo iz postojećih podataka pomoću regresijske analize.

2. Regresiska analiza za određivanje parametara pomoću kojih se opisuje koncentracija

U predašnjem poglavju smo napisali da ćemo uzeti sledeći izraz za prenosnu funkciju između padavina i komponenta prehrane,

$$C_j(i) = b_1^j f(i) + b_2^j f(i-1) + b_3^j \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\mu m} f(i-m)$$

gde su:

i -je godina u kojoj računamo prenosnu funkciju;

j -je indeks za komponentu hrane;

$f(k)$ -godišnja "deposition density" ^{90}Sr iz padavina na površinu (Bq/m^2);

μ -odnotuje brzinu s kojom ^{90}Sr postoje nedostupan biljkama, uključuje radioaktivni razpad i silaženje u dubinu gde koreni biljke ne dopiru;

b_1^j, b_2^j, b_3^j su teže koje kazuju koliko padavine iz prethodnih godina doprinose funkcije prenosa.

Naš je zadatak, da iz eksperimentalno poznatih $f(K)$ izračunamo b_1^j, b_2^j, b_3^j i μ . Upotrebićemo metodu regresiske analize tako da dozvolimo da se svi parametri nezavisno menjaju.

Sistem jednačina za određivanje četiri parametra b_1^j, b_2^j, b_3^j, μ ćemo određivati pomoću minimizacije sledećeg funkcionala

$$F^j = \sum_i \left\{ C_j(i) - \left[\sum_{m=0}^M B_m f(i-m) e^{-\mu m} \right] \right\}^2$$

Nezavisnom varijacijom b -a i μ ($e^{-\mu}$)a dobićemo sledeći sistem jednačina.

$$\frac{\partial F}{\partial b_i} = \sum_{i=1}^M \left\{ C_j(i) - \left[\sum_{m=0}^M B_m f(i-m) e^{-\mu m} \right] \right\} \cdot f(i) = 0$$

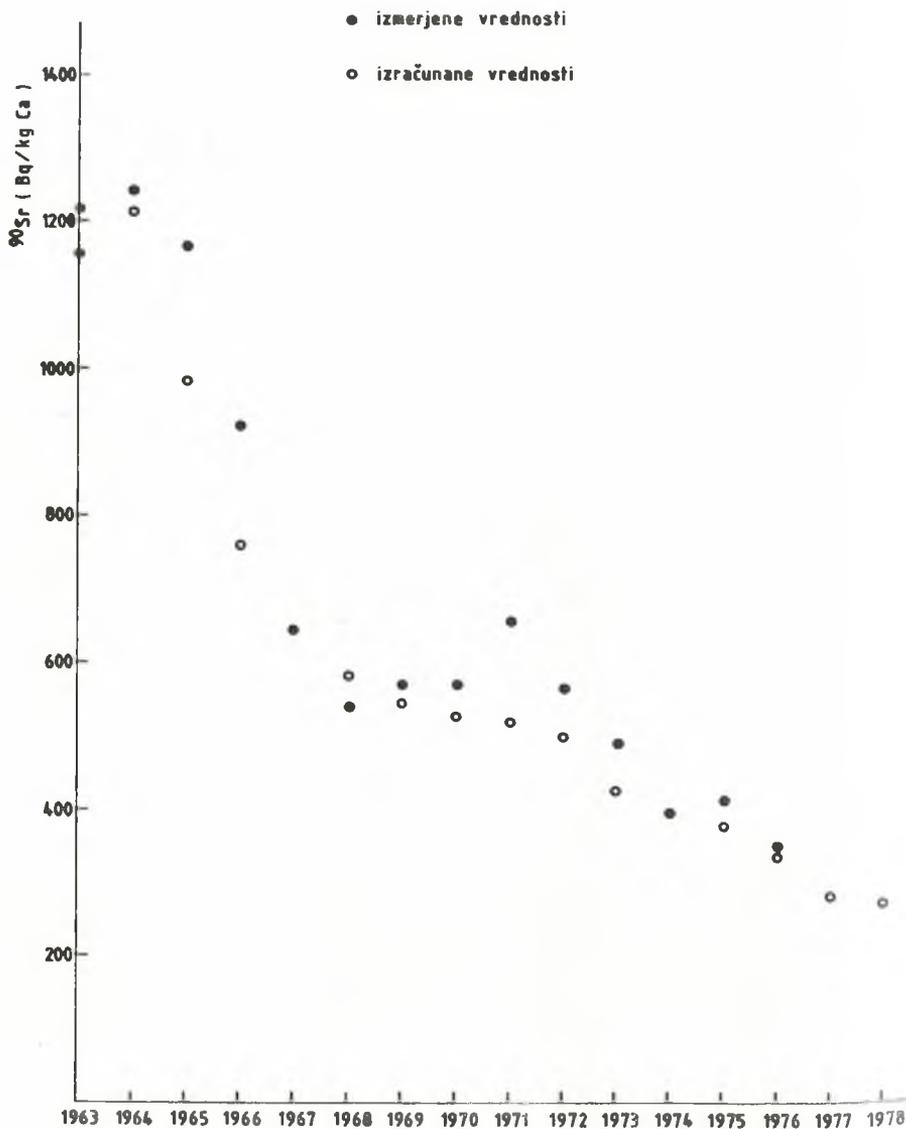
Tabela 1

Parametri prenosne funkcije med ^{90}Sr v padavinah in mlekom izračunanih iz podatkov za različne kraje

Kraji Koeffic.	B10	E27	O16	D23	A01	A03
b_1	1.049	0.901	0.887	0.691	0.138	0.909
b_2	5.066	0.375	0.118	0.299	0.458	0.368
b_3	0.100	0.299	0.229	0.253	0.284	0.295
μ	0.129	0.092	0.282	0.135	0.161	0.945E-01

Izmerjene in izračunane aktivnosti ^{90}Sr v mleku v letih 1963 do 1978.

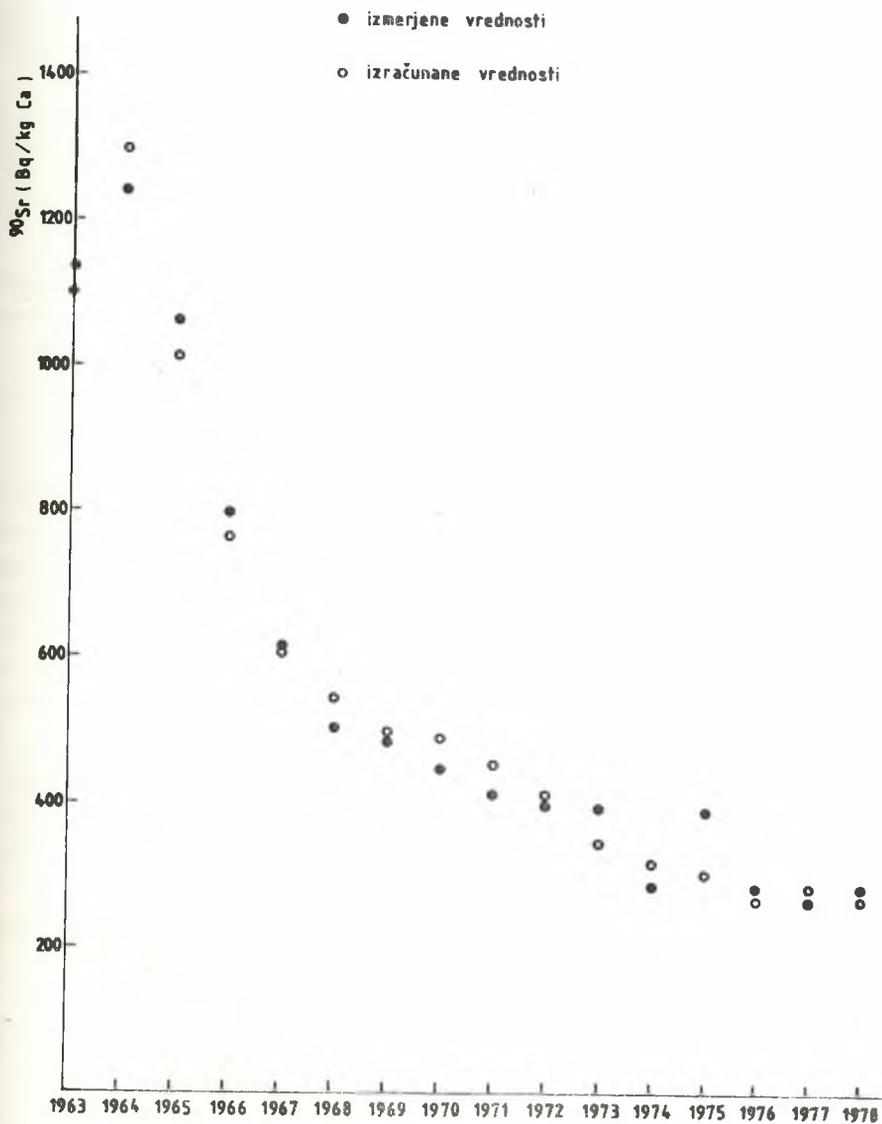
Kraj E 27



Slika 1

Izmerjene in izračunane aktivnosti ^{90}Sr v mleku v letih 1963 do 1978.

Kraj D 23



Slika 2

$$\frac{\partial F}{\partial b_2^j} = \sum_i \left\{ C_j(i) - \left[\sum_{m=0}^M B_m f(i-m) e^{-m\mu} \right] \right\} \cdot f(i-1) = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial b_3^j} = \sum_i \left\{ C_j(i) - \left[\sum_{m=0}^M B_m f(i-m) e^{-m\mu} \right] \right\} \cdot \left\{ \sum_{m=1}^M f(i-m) e^{-m\mu} \right\} = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial \mu} = \sum_i \left\{ C_j(i) - \left[\sum_{m=0}^M B_m f(i-m) e^{-m\mu} \right] \right\} \cdot \left\{ \sum_{m=1}^M m f(i-m) e^{-m\mu} \right\} = 0$$

Sistem jednačina za b^j - ove i μ - je je nelinearan, te je traženje rešenja veoma teško. Rešavaćemo ga pomoću iteracije.

Za uspešno iterativno rešavanje sistema nelinearnih jednačina potrebno je naći početne () vrednosti za parametre koje tražimo. U prvom koraku smo uzeli da je svaka srednja vrednosti μ -a oko $0,1^{11}$. To znači da možemo da očekujemo da je zavisnost od μ (dolazi preko funkcije $e^{-m\mu}$, $m=0, \dots, M$) relativno mala. Zato smo za μ izabrali nekoliko vrednosti ($i=1,2,\dots$) oko vrednosti $0,1^{11}$ i izračunali parametre (b_1^j, b_2^j, b_3^j) iz prve tri jednačine. Taj račun je trivijalan jer je sistem linearan.

za različite startne grupe (b_1^j, b_2^j, b_3^j, μ) ili uzimajući njihovu srednju vrednost dobijemo ista rešenja nehomogenog sistema, smatramo da smo našli rešenje.

Sistem nehomogenih jednačina rešavamo numerički na računaru pomoću upštene višedimenzionalne sekantne metode. Upotrebljavamo subroutinu NONLIQ iz BOING-ove knjižnice. Ukoliko ne postoje lokalni minimumi u okolini rešenja, metoda sigurno brzo konvergira.

Rezultati

Pomoću regresijske analize smo izračunali parametre b_1, b_2, b_3 i μ prenosne funkcije ^{90}Sr između padavina i mleka. Rezultati za 8 lokacija su u Tabeli 1. Diagrami izmerene aktivnosti ^{90}Sr u mleku i izračunane aktivnosti ^{90}Sr u mleku su na slici 1 i 2.

Iz slike vidimo da je slaganje između izmerenih i izračunanih vrednosti vrlo dobro, što znači da je model za prenosnu funkciju dobro izabran. To ima za posledicu da upotrebljena formula ima dobru prediktivnu sposobnost za određivanje ^{90}Sr u mleku iz podataka o aktivnosti ^{90}Sr u padavinama.

Literatura

1. UNSCEA Report 1972, 1977, United Nations.

**XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PORTOROŽ, 21.-24.4. 1981.**

M. Vukotić, R.G.Radovanović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

**OPTIMALNOST MONITORING SISTEMA RADIOAKTIVNIH AEROSOLA
U ŽIVOTNOJ SREDINI**

Pod optimalnošću monitoring sistema radioaktivnih aerosola u životnoj sredini može se podrazumevati reprezentativnost informacije koja se dobija iz saopštenja o stanjima na tačkama monitoring mreže.

U ovom radu za ocenu optimalnosti koristi teorija informacije za komplikovan sistem sa različito verovatnim stanjima.

Rad je zasnovan na korišćenju podataka postojećeg sistema u toku poslednjih 20 godina.

Uvod

U ovom radu pod optimalnošću monitoring sistema podrazumeva se reprezentativnost informacije o ukupnoj beta aktivnosti dugoživećih radioaktivnih materija u vazduhu iz Beograda Subotice i Zaječara za vazduh na celoj teritoriji SR Srbije u slučaju globalnih radioaktivnih padavina.

Za ova razmatranja koristi se modifikovana standardna statistička analiza niza podataka o srednjim kvartalnim vrednostima za beta aktivnost u vazduhu navedenih mesta za period od 1961-1978.godine.

Analiza optimalnosti

Posmatrajući statistički niz srednjih kvartalnih vrednosti od N članova za svako mesto pravi se intervalski red rasporede sa dužinom intervala.

$$d = \frac{A}{K} \dots \dots \dots (7)$$

gde je $A = A_v \max - A_v \min$ a

$$K = e (\log_2) + 1 \dots \dots \dots (8)$$

Frekvencija intervala određuje se kao

$$V_j = \sum_{i=1}^N v_i$$

gde se j menja u granicama od 1 do $K+1$, $v_i = 1$ ako element reda A pripada j - tom intervalu.

$v_i = 0$ ako element ne pripada j -tom intervalu.

Broj intervala kome pripada element reda A_i je

$$j = e \left[\frac{A_i - (A_{\min} - 0,5 d)}{d} \right] \dots \dots \dots (9)$$

Empirijska gustina raspodele je

$$f_j = \frac{v_i}{N} \dots \dots \dots (10)$$

a verovatnoća raspodele

$$f_{N_j} = \sum_{i=1}^j f_i \dots \dots \dots (11)$$

Sredine intervala na koje se odnosi N_j su:

$$y_1 = A_{\min} - 0,5 d$$

$$y_j = y_1 + (j-1) d \dots \dots \dots (12)$$

gde su $j = 2, \dots \dots \dots, k+1$.

Da bi došli do ocene raspodele koristili smo kriterijum Smirnov-Kolmogorov. Algoritam za ovaj kriterijum je sledeći:

1. Srednja aritmetička vrednost A_v za datu lokaciju određuje se kao

$$\bar{A}_v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_{vi} \dots \dots \dots (13)$$

gde su A_{vi} - srednje kvartalne vrednosti beta aktivnosti vazduha, N - broj srednjih kvartalnih vrednosti.

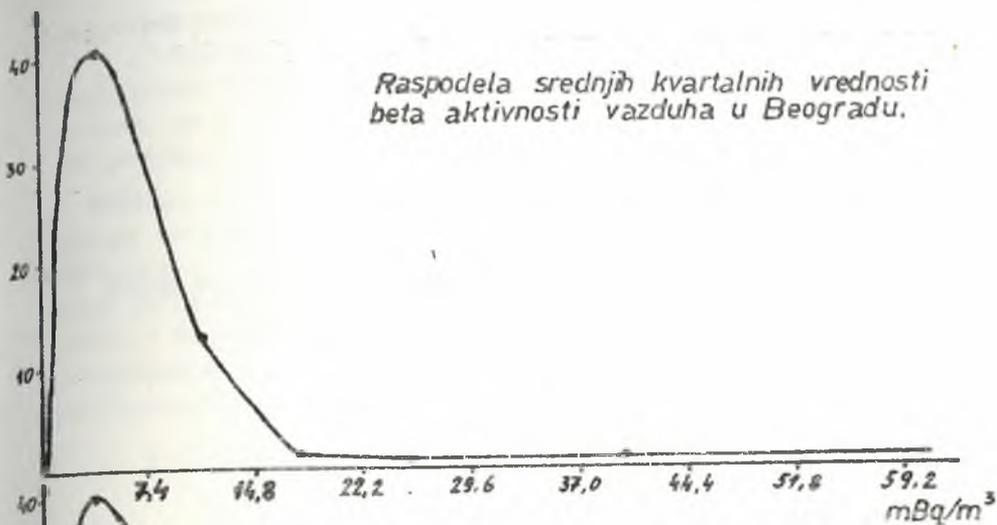
2. Srednje kvadratno ili standardno odstupanje σ_k određuje se kao:

$$\sigma_k = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_{vi} - \bar{A}_v)^2 \right]^{1/2} \dots \dots \dots (14)$$

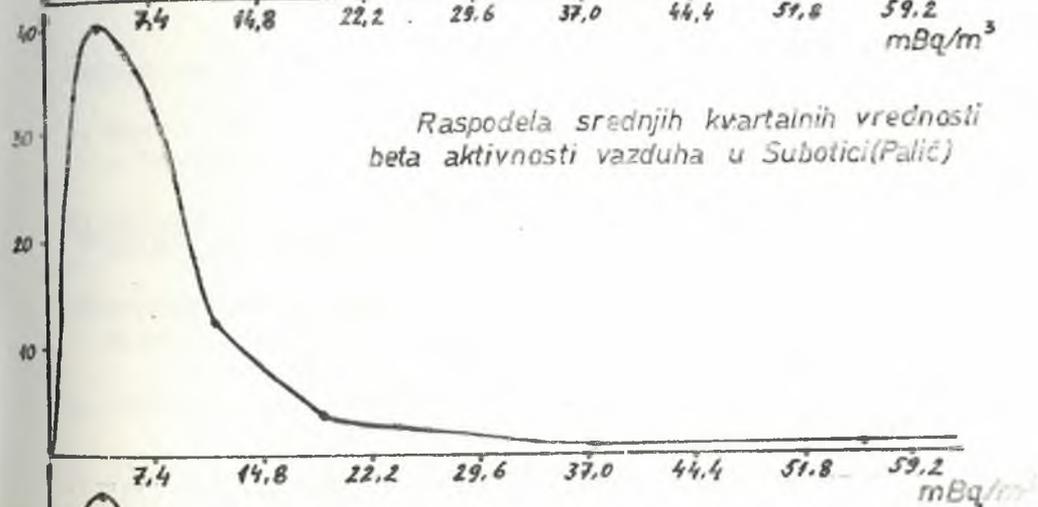
3. Koeficijent varijacije:

$$v = \frac{\sigma_k}{\bar{A}_v} \dots \dots \dots (15)$$

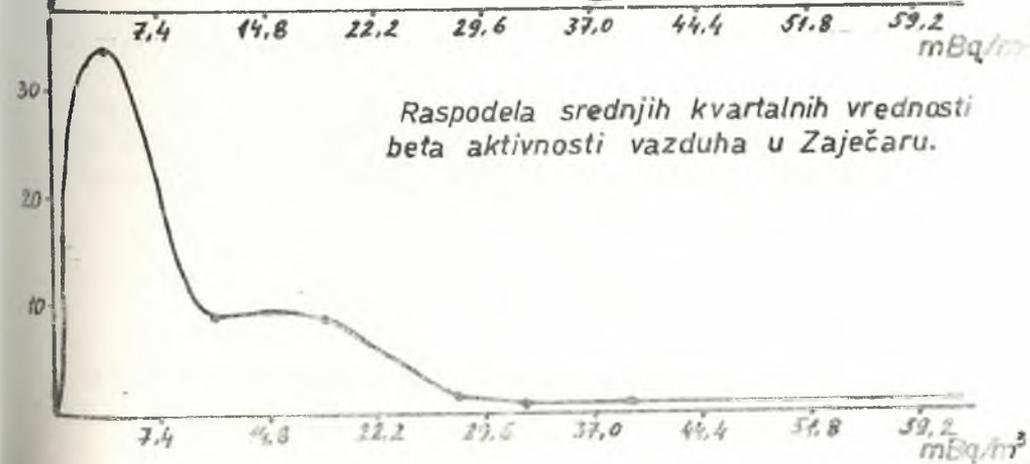
*Raspodela srednjih kvartalnih vrednosti
beta aktivnosti vazduha u Beogradu.*



*Raspodela srednjih kvartalnih vrednosti
beta aktivnosti vazduha u Subotici(Palić)*



*Raspodela srednjih kvartalnih vrednosti
beta aktivnosti vazduha u Zaječaru.*



$$4. \text{ Asimetrija } b_1 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_{vi} - \bar{A}_v)^3}{6k^3} \dots\dots\dots (16)$$

$$5. \text{ Eksces } b_2 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_{vi} - \bar{A}_v)^4}{6k^4} - 3 \dots\dots\dots (17)$$

6. Za Smirnov-Kolmogorov test posebno se određuju vrednosti

$$a) \bar{A}_v b_1 = \left[\frac{6(N-1)}{(N+1)(N+3)} \right]^{1/2} = B_I \dots\dots\dots (18)$$

$$b) \bar{A}_v b_2 = \left[\frac{24N(N-2)(N-3)}{(N+1)^2(N+3)(N+5)} \right]^{1/2} = B_{II} \dots\dots\dots (19)$$

Ako su ispunjeni uslovi

$$(B_I) \leq 3\bar{A}_v b_1 \quad i$$

$$(B_{II}) \leq 5\bar{A}_v b_2$$

Raspodela mernih veličina je normalna.

Primenom navedenog algoritma konstatujemo da raspodela nije normalna.

Logaritmovanjem podataka o A_{vi} (Srednje kvartalne vrednosti) i ocenom po b_1 i b_2 u tom slučaju zaključuje se da je raspodela logaritamski normalna (grafici 1,2,3)

Diskusija i zaključak

Sa grafika 3 je vidljiv eksces u raspodeli rezultata iz Zaječarsa.

Ako odredimo broj slučajeva kad su vrednosti A_{vi} veće od prirodne vrednosti $A_v = 0,05 \text{ Bg/m}^3$ za 4 puta, za 8 puta, 12 puta, 16 puta, 20 puta i td. dobijamo "ponovljivost slučajeva"

$$\text{kao } g_1 = \frac{m_1}{N} \dots\dots 100 \quad \%$$

$$g_2 = \frac{m_2}{N} \cdot 100 \quad \%$$

itd.

Odnosno periode vremena za koje su bili karakteristični slučajevi m_1, m_2, m_3 itd. kao t_1, t_2, t_3 itd. čime se određuje unoše-

ženje beta emitera u ljudski organizam putem inhalacije.

Kontaminacija prizemnog sloja atmosfere u SR Srbiji dugoživećim beta emiterima poreklom od nuklearnih eksplozija u periodu od 1961. godine do 1979. godine nije prelazila dozvoljive granice.

- U ovom radu dokazana je veza između srednjih godišnjih vrednosti beta aktivnosti vazduha u SR Srbiji i injektovane beta aktivnosti u atmosferu putem nuklearnih eksplozija. Ustanovljen je faktor F_0 koji ukazuje da će ukupna beta aktivnost vazduha u Beogradu prosečno godišnje poraste za 0,08 pCi/m³ za svaku nuklearnu eksploziju snage 1Mt. koja se izvrši ne do danas poznatim eksperimentalnim poligonima.

LITERATURA

1. Way K., Winger E. The rate of decay of fission products
- "Phys. Rev" 1948. Vol. 73, N 11, p. 1318-1330.
2. Lejpunskij O.I. Gamma izlučenje atomnogo izriva. M.
Atomizdat, 1959.
3. FEDERAL RESEARCH CONCIL USA
Report No 4. 1963.
4. UMWELTRADIOACTIVITÄT UND STRAHLENBELASTUNG, Bon. 1972.
5. Nelepo B.A. : Jadernaja Geofizika.
Atomizdat, M. 1970.
6. Radovanović R. Doktorska disertacija, Beograd, 1974.

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.4.1981

T. Anovski^{*}, B. Minčeva^{*}, D. Kačurkov^{**} i P. Kirkov^{***}

- * Centar za primena na radioizotopi vo stopanstvoto - Skopje
** Fakultet za fizika - Skopje
*** Tehnološki fakultet - Skopje

DOPRINOS STUDIJI RADIOEKOLOGIJE REKE VARDAR

Rezime

U okviru ranije zacrtanog programa koji izmedju ostalog obuhvata i preliminarna istraživanja biogeohemijske i radioekološke karakterizacije reke Vardar u čijoj se blizini (Krivolak Sl.1) planira izgradnja jedne nuklearne elektrane, posebna pažnja je bila posvećena bazilčnim ispitivanjima radioaktivnog sadržaja uključujući određivanje tritijumske koncentracije, radiostroncijuma - 90 i ukupne β aktivnosti u različitim uzorcima okoline.

Simulacijom radioaktivne polucije protočnih voda reke Vardar (relevantni putevi transporta radionuklida od kontaminirane vode do čoveka prikazani su na Sl.2) vršena je procena interne ekspozicije stanovništva.

UVOD

Planirana nuklearna elektrana na reci Vardar (u blizini Krivolaka) traži pored ostalog i rešavanje više pitanja radiološke zaštite same sredine naročito imajući u vidu činjenicu da na vardarskom slivnom području koje pokriva gotovo 90% SRMakedonije živi više od 1,5 mil. stanovnika.

U ovom smislu još 1977 god. su započeta, mada sa skromnim sretstvima istraživanja koja su obuhvatila utvrdjivanje hidroloških i biogeohemijskih karakteristika vardarskog rečnog sistema upotrebom različitih izotopskih tehnika. (Ref.1).

Ovim istraživanjima koja su ukazala na izvesne komunikacije površinskih voda reke Vardar sa podzemnim kao i na distribucione koeficijente za različite elemente unutar vodenog sistema, dajući kod toga informacije o putevima izotopskog transporta i akumulaciji duž same reke uključeno je i određivanje nivoa prirodne radioaktivnosti (koncentracija tritijuma, radiostroncijuma - 90 i ukupne β radioaktivnost).

U cilju preliminarne procene interne ekspozicije stanovništva kao rezultat mogućih ispuštanja radioaktivnih kontaminanata

u površinske protočne vode (relevantni putevi transporta radionuklida od kontaminirane vode do čoveka prikazani su na Sl.2) pod određenim uslovima i usvajanjima, vršena je simulacija radioaktivne polucije protočnih voda reke Vardar.

Mišljenja smo da bi dalja i šira istraživanja ovog tipa doprinela realnijoj proceni ukupnog ozračivanja stanovništva okolnog područja nuklearnih objekta.

METODOLOGIJA RADA

Odredjivanje radioaktivnog sadržaja

Dok smo tritijumska merenja vršili na tačnom scintilacionom brojaču, uz prethodnu destilaciju i elektrolitičko obojačivanje (zbog relativno niske prirodne koncentracija tritijuma), radiostroncijum-90 nakon radiohemijske separacije je meren na antikoincidentnom brojaču za nisku β aktivnost.

Radi odredjivanja ukupne β aktivnosti, uzorke smo najpre uparavali ili sušili, a zatim grejali na temperaturi manjoj od 973K.

Procena interne ekspozicije stanovništva

Simuliranjem mogućih ispuštanja $1,1 \times 10^{11}$ Bq godišnje kobalt - 60 iz planirane nuklearne elektrane u vode reke Vardar (u blizini Krivolaka) pri srednjem godišnjem protoku od $50 \text{ m}^3/\text{s}$, brzini toka od 2 m/s i srednjem prilivu kontaminirane rashlade vode od $5 \text{ m}^3/\text{s}$, uzimajući kod toga i mnoge druge relevantne parametre posmatranog područja i upotrebom predloženog modela (Ref.2) i jednačine za internu ekspoziciju stanovništva, vršena je procena interne ekspozicije čoveka.

REZULTATI I DISKUSIJA

Koncentracija tritijuma u precipitatima iznad skopskog i krivolackog regiona je bila izmedju $1,4$ i $9,2 \text{ Bq/dm}^3$ pokazujući znatno opadanje u poredjenju sa prethodnim godinama. Rezultati ovih odredjivanja su dati u Tab.1, zajedno sa vrednostima tritijumske koncentracije uzoraka podzemnih voda pološkog i krivolackog polja. Na bazi ranijih i sadašnjih merenja tritijumske koncentracije podzemnih voda kod s. Raotince i Krivolaka može se izvesti zaključak o postojanju njihove direktne komunikacije sa vodama reke Vardar, što nije slučaj sa arterskim vodama kod s. Jegunovce. Posebno je, u poredjenju sa ranijim merenjima, ekstremno visok tritijumski sadržaj u

arterskoj vodi na putu s. Jegunovce - Tetovo (Ref.3). U cilju određivanja distribucije tritijuma duž reke Vardar, kolektirani su vodeni uzorci sa više mesta i kod toga nije nadjena značajna razlika u koncentracijama tritijuma (Tab.2). Ipak uočljivo je izvesno opadanje tritijumskog sadržaja u pravcu vodenog toka. Ovo razblaživanje je verovatno rezultat razblaženja početne koncentracije tritijuma vodama pritoka sa siromašnijim tritijumskim sadržajem.

Rezultati određivanja ukupne β aktivnosti i radiostroncijuma - ^{90}Sr , za različite uzorke i vreme uzorkovanja dati su na Tab.3. Evidentna je sezonska varijacija ukupne β aktivnosti u podzemnim vodama i vodama reke Vardar, time što podzemne vode, posebno kod krivolakškog polja pokazuju nešto povišene vrednosti.

Na bazi ranije pomenutih i usvojenih radnih parametra, predloženi model i jednačine za internu ekspoziciju stanovništva na rastojanju od 50 km. od mesta priliva kontaminiranih voda dobijena je vrednost od $1,5 \times 10^{-7}$ Gy/god. za celo telo. Znatno veće vrednosti (gotovo 10 puta) dobijene su za stomak i digestivni trakt.

Abstract

According to the earlier designed programme of preliminary investigations related with the determination of biogeochemical and radioecological characterization of the Vardar river in the vicinity of which (Krivolak area, Fig.1) a Nuclear Power Plant is planning to be constructed, particular attention was paid to the baseline studies for radioactivity content including determination of Tritium concentration, Radiostrontium - ^{90}Sr and Total β Activity in diferent environmental samples.

An attempt for assesment of internal exposure of population as a result of possible radioactive releases to the surface flowing water (relevant pathways schematicalu are shown on Fig.2) under certain circumstances and assumptions was made, also.

REFERENCE

1. T. Anovski et al. Primena izotopskih tehnika kod radioekoloških istraživanja, Zbornik radova X Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, 29,30,31.V i 1.VI.1979 god. str.337
2. Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Radioactive einleitungen in oberflächengewasser, Der Bundesminister Des Innern, 1977
3. P. Kirkov et al. "Determination the originity of water in springs by simultaneous appl. of natural and artificial isotopes", IAEA-SM 182/23 vol.1 pp 465, 1974.

TAB br.1 Tritijumska aktivnost u precipitatima i nekim podzemnim vodama pološkog skopskog i krivolakškog regiona

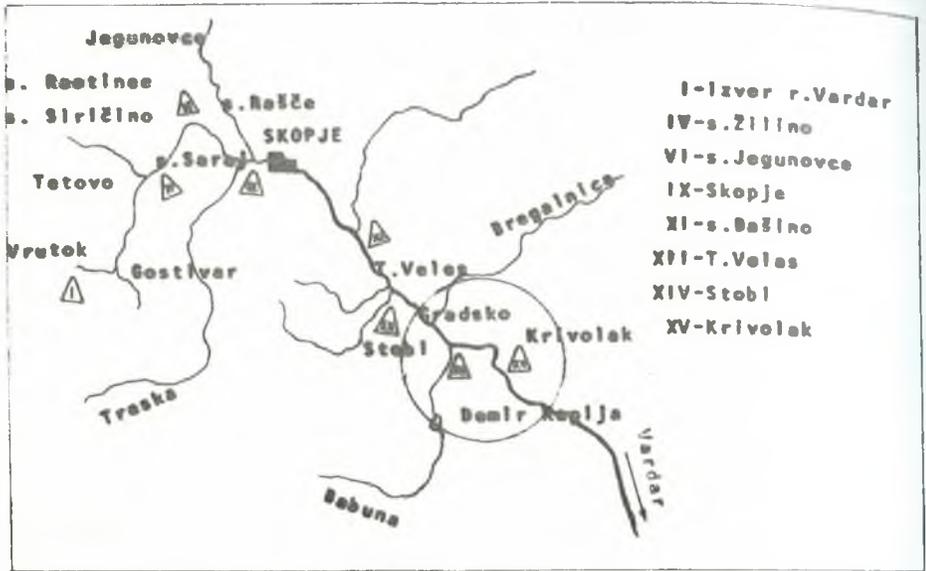
mesto uzorkovanja	priroda uzorka	datum uzorkovanja	Bq/dm ³
s. Raotince	podzemna voda	25.04.1980	7,2 ± 0,4
na putu Tetovo- Jegunovce	arteraska voda	23.03.1979	10,8 ± 1,1
		28.11.1979	12,1 ± 1,2
Skopje	kišnica	18-19.11.1979	1,4 ± 0,9
	sneg	06-07.01.1980	9,2 ± 1,1
	kišnica	24.05.1980	7,6 ± 0,3
	kišnica	19.06.1980	6,7 ± 0,3
Krivolak	kišnica	26.04.1980	4,0 ± 0,2
	podzemna voda	28.11.1979	4,6 ± 0,7
	podzemna voda	25.06.1980	4,5 ± 0,2

TAB br.2 Tritijumska aktivnost u vodenim uzorcima duž reke Vardar

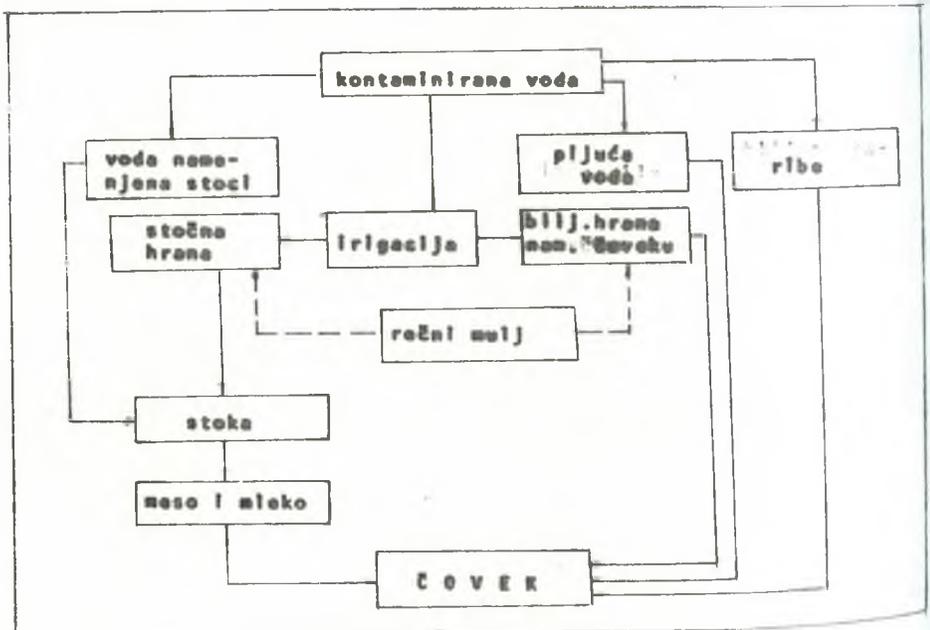
mesto uzorkovanja br.	datum uzorkovanja	Bq/dm ³
I	28.07.1978	7,3 ± 1,6
	28.11.1979	5,9 ± 0,4
IV	28.11.1979	5,8 ± 0,3
VI	23.03.1979	5,8 ± 0,9
	28.11.1979	6,0 ± 0,9
IX	29.11.1979	5,7 ± 0,3
XI	29.11.1979	5,4 ± 0,3
XII	29.11.1979	4,8 ± 0,3
XIV	29.11.1979	4,1 ± 0,3
XV	29.11.1979	4,6 ± 0,3
	25.06.1979	4,8 ± 0,2

region	lokacija	priroda uzorka	datum uzorkovanja	mBq Sr-90/dm ³	ukupna B aktivnost mBq /dm ³ ili kg.
Polog	s. Sirličino	podzemna voda	25.04.1980		44,4
	s. Raotince	arterska voda	25.04.1980		15,9
	na putu Te- tovo-Jegun.	arterska voda	25.04.1980		12,9
	s. Jegunovce	arterska voda voda r.Vardar	25.04.1980 28.11.1979		107,3 111,0
Krivolak		kišnica	april-maj 1980		111,0
			29.11.1979		88,8
		voda r.Vardar	26.04.1980		51,8
			25.06.1980	2,8	114,7
		podzemna voda	29.11.1979 26.04.1980 25.06.1980		118,4 340,4 555,0
		zemlja	25.06.1980		6,3 x 10 ⁵
		trava jaja	25.06.1980 25.06.1980		2,7 x 10 ⁶ * 1,0 x 10 ⁵

* Vrednost se odnosi na kg suve materije.



Slika 1. Skica istraživanog područja



Slika 2. Putevi interne ekspanzije preko kontamin.vode

XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Portorož, 21.-24.04.1981.

Milojević S. Sava*, Radovanović G. Radoslav**, Marković D. Petar**

* Institut za fiziku - Prirodno-matematički fakultet - Kragujevac

** Institut za biofiziku - Medicinski fakultet, Beograd

MODEL PRENOSA Sr-90 IZ PADAVINA I ZEMLJIŠTA U VODU AKUMULACIJE
"GROŠNICA"

Kratak sadržaj: Na osnovu eksperimentalnih podataka o srednjoj koncentraciji Sr-90 u vodi ispitivanog akumulacionog jezera (C_{jm}), zatim specifičnoj kontaminaciji padavine Sr-90 (I_p), srednjoj specifičnoj kontaminaciji zemljišta sliva akumulacije do dubine 5 cm (Z) i srednjoj godišnjoj visini atmosferskih padavina u slivu, grafičkom analizom smo došli do relacije koja daje funkcionalnu vezu između njih. Ta relacija ima oblik

$$C_{ji} = 0,3[1 - \exp(-0,027 I_p)]I_p + 0,027 Z^{1,35} \sqrt{h}$$

i sobom predstavlja model prenosa Sr-90 u vodu posmatrane akumulacije.

U V O D

U zadnjih nekoliko decenija, a naročito u poslednje tri, akumulaciona jezera kao deo čovekove životne sredine, zagadjena su raznim materijama među kojima vidno mesto zauzimaju radionuklidi nastali uglavnom kao posledica nuklearnih eksplozija.

Specifičan problem zagadjivanja voda akumulacionih jezera vezan je za radionuklide koji su beta emiteri i sa padavinama dospevaju na slivno područje posmatrane akumulacije. Sr-90 je svakako najinteresantniji jer po svojoj radiotoksičnosti zauzima visoko mesto te smo se za naša istraživanja transfera iz padavina i zemljišta u pijaću vodu opredelili za njega.

U vodu akumulacije radionuklid Sr-90 dospeva na sledeći način:

- neposredno sa padavinama koje se talože na površinu akumulacionog jezera,
- sa vodom padavina koje sa površine sliva pritiču u jezero
- desorpcijom Sr-90 iz sedimenta akumulacionog jezera.

Aktivnost Sr-90 koja dospeva u vodu akumulacionog jezera sa vodom koja pritiče sa površine sliva sastoji se od dve frakcije i to:

1. Sr-90 koji se nalazi u padavinama, a nije sorbovan u zemljištu, direktno ulazi u jezero sa vodom koja stiže sa površine sliva.
2. Slivanjem vode sa površine sliva dolazi do desorpcije Sr-90 iz površinskog sloja zemljišta i biljnog pokrivača.

Kontaminaciju vode akumulacionog jezera Sr-90 iz direktnih padavina možemo posmatrati na sledeći način:

Ako je specifična kontaminacija padavina I_p (Sr-90) (Bq/m^2) za godinu dana, a površina akumulacionog jezera S_o onda će se za godinu dana direktno u jezero istaložiti aktivnost Sr-90, A_o tj.

$$A_o = I_p S_o \quad (1)$$

Ukupna količina vode $Q(m^3)$, koja će biti kontaminirana ovim radionuklidom, približno je jednaka zbiru količine vode u jezeru početkom godine i količine vode koja je otekla iz jezera u toj godini umanjena za količinu vode koja je tokom te godine isparila kao i dela nestalog zbog delimičnog poniranja. Ustvari može se uzeti da je Q približno jednako količini dobijene pijaće vode.

Iz navedenog sledi da će koncentracija Sr -90 u sirovoj vodi biti

$$C_o = \frac{I_p S_o}{Q} \quad (Bq/m^3) \quad (2)$$

Relativna opasnost od kontaminacije akumulacionog jezera Sr-90 može se izraziti preko faktora kontaminacije jezera (C_{oj}), koji obzirom na veličinu površine jezera [$S = 0,25 \text{ dex}(6) m^2$], prosečnu godišnju izdašnost [$Q = 3,5 \text{ dex}(6) m^3$] i specifičnu kontaminaciju padavina [$I_p = 321,9 \text{ Bq/m}^2$] za godinu (prosek od 1963. do 1968.) iznosi:

$$C_{oj} = 23 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \quad (0,62 \frac{\text{pCi}}{\text{l}}) \quad (3)$$

S obzirom da je proces desorpcije Sr-90 iz sedimenta jezera kao i njegov prenos u vodu vrlo spor doprinos ove komponente kontaminacija se slobodno može zanemariti.

Prenos Sr-90 vodom iz padavina koje pritiču sa područja sliva u jezero je vrlo kompleksna i značajna veličina.

Za formulisanje modela prenosa, koristeći se semiempirijskom interpretacijom ovakve vrste kontaminacije, pošli smo od činjenice da su za prenos Sr-90 u ovim uslovima bitni pre svega:

- koeficijent oticanja vode u slivu
- specifična kontaminacija padavina I_p (Bq/m² za godinu),
- specifična kontaminacija sloja zemljišta do dubine 5 cm, Z (Bq/m²)
- visina padavina na površini sliva h/m / godišnje i
- konstanta desorpcije Sr-90 iz površinskog sloja zemljišta.

Prilikom oticanja vode po površini sliva deo aktivnosti Sr-90 koja se nalazi u toj vodi ima realne izgleda da se sorbuje na zemljištu, tako da efektivna konstanta prenosa Sr-90 na ovaj način ne može se identifikovati sa koeficijentom oticanja.

Međutim, kako su uslovi daleko od kapaciteta sorpcije zemljišta, logično se nameće zaključak da se povećanjem specifične kontaminacije povećava i šansa da se Sr-90 najvećim delom prenese u akumulaciono jezero sa vodom koja otiče sa površine sliva. S druge strane desorpcija Sr-90 iz površinskog sloja zemljišta zavisi od specifične kontaminacije zemljišta, količine padavina i koeficijenta oticanja. Naravno, u ovakvim razmatranjima može se govoriti samo o efektivnom doprinosu ovog procesa kontaminaciji vode u akumulacionom jezeru, odnosno o efektivnoj desorpciji Sr-90 iz zemljišta sa površine sliva i doprinosu te desorpcije kontaminaciji vode u jezeru.

METODE MERENJA

Merenja aktivnosti Sr-90 u uzorcima vode vršena su preko njegovog radioaktivnog potomka itrijuma (Y-90 čiji je period poluraspada $t_{1/2} = 64,2$ h, na GM antikoicidentom brojaču (Philips) sa prosečnom osnovnom aktivnošću $1,67 \text{ dex}(-2) \text{ Bq}$. Kao nosač za itrijum (Y-90) upotrebljen je aluminijum, tj. aluminijum hidroksid. Brojač je etaloniran etalomom itrijuma (Y-90).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ANALIZA

Da bismo kvantitativno opisali model transfera Sr-90 iz padavina i zemljišta u vodu akumulacionog jezera poslužili smo se rezultatima naših merenja i podacima (tabela 1)(5), za vrednosti I_p , Z, h, C_j za Sr-90 za period od 1964. do 1975. godine.

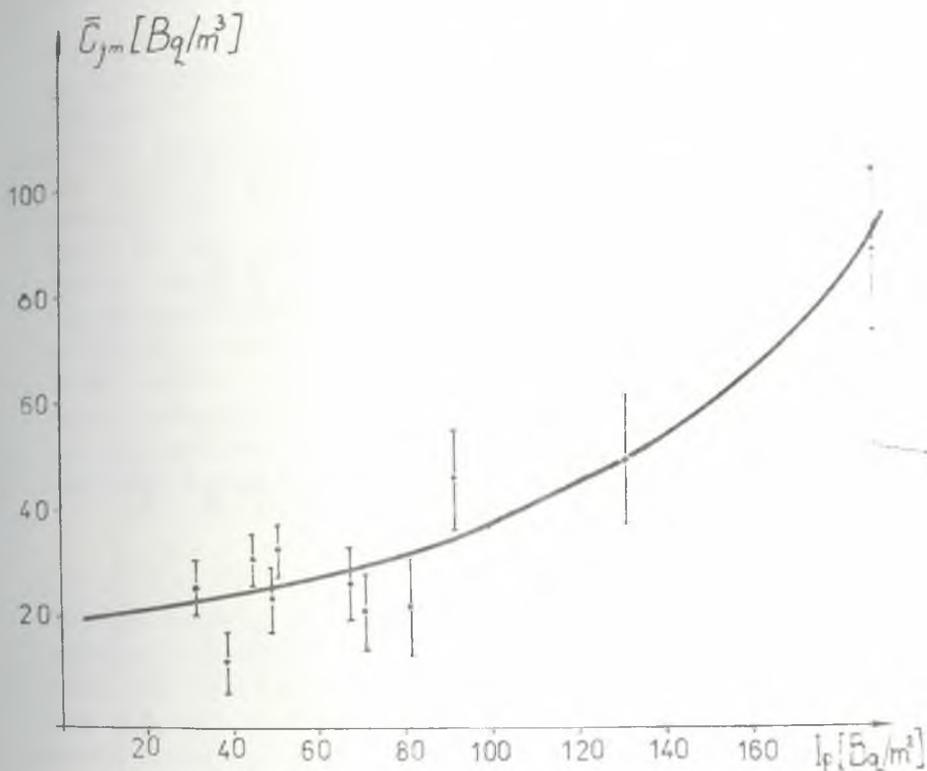
Grafičkom analizom zavisnosti (graf.1) izmerenih vrednosti koncentracija Sr-90 u vodi akumulacionog jezera (C_j) od specifične kontaminacije padavina (I_p), specifične kontaminacije površinskog sloja zemljišta u slivu (Z) i visine padavina (h) dobija se sledeća relacija:

$$\bar{C}_{ji} = 0,3 [1 - \exp(-0,027 I_p)] I_p + 0,027 Z^{1,35} \sqrt{h} \quad (4)$$

gde su:

- \bar{C}_{ji} - izračunata srednja godišnja koncentracija Sr-90 u vodi akumulacionog jezera (Bq/m^3)
- I_p - specifična kontaminacija padavina Sr-90 (Bq/m^2 -za godinu)
- Z - srednja specifična kontaminacija zemljišta sliva od 0-5 cm dubine (Bq/m^2)
- h - srednja godišnja visina padavina u slivu (m)

Vrednosti za \bar{C}_{ji} koje se dobijaju izračunavanjem prema relaciji (4) ne razlikuju se statistički značajno od izmerenih vrednosti \bar{C}_{jm} . To se najbolje vidi iz tabele 1. gde su uneti merenjem dobijeni i korišćeni podaci (5)(4)(3), kao i izračunati prema relaciji (4).



Graf.1. Zavisnost koncentracije Sr-90 u vodi jezera od kontaminacije padavina

Vrednosti h za 1965. i 1966. (3) uzete su kao aritmetička sredina padavina u Kragujevcu i Adžinim Livadama, obzirom da za te godine podaci nisu potpuni.

Upoređivanjem izračunatih vrednosti \bar{C}_{j1} koncentracije Sr-90 u vodi jezera koji se dobijaju korišćenjem relacije (4) i izmerenih vrednosti \bar{C}_{jm} očigledno je da relacija (4) na zadovoljavajući način opisuje prenos Sr-90 iz padavina i zemljišta u vodu akumulacije Grošnice.

Polazeći od relacije (4), te pretpostavljajući da se visina padavina (h) ne menja znatno, neka se specifična kontaminacija pa-

Tabela 1. Prenos ^{90}Sr iz padavina i zemljišta u vodu akumulacije "Grošnica"

Godina	I_P Bq/m ²	Z Bq/m ² (0-5 cm)	h dex(-3)m za godinu	\bar{C}_{jm} Bq/m ³	\bar{C}_{ji} Bq/m ³
1964.	188,7 ± 19,3	199,8 ± 20,8	682	86,95 ± 9,05	84,47
1965.	129,5 ± 13,4	118,4 ± 12,6	550	48,10 ± 5,03	50,17
1966.	96,2 ± 10,1	170,2 ± 17,9	820	45,88 ± 4,75	51,60
1967.	37,0 ± 3,9	140,6 ± 13,5	722	27,75 ± 3,01	25,08
1968.	48,1 ± 4,9	133,2 ± 14,3	846	33,67 ± 3,27	28,67
1969.	33,3 ± 3,2	129,5 ± 14,1	919	27,75 ± 2,92	24,16
1970.	81,4 ± 9,3	111,0 ± 12,0	960	22,57 ± 2,85	36,84
1971.	70,3 ± 8,1	107,3 ± 11,3	573	22,94 ± 2,35	29,10
1972.	66,6 ± 7,3	177,6 ± 19,2	380	27,75 ± 2,93	34,63
1973.	44,4 ± 5,1	199,8 ± 21,4	419	31,82 ± 3,25	31,42
1974.	48,1 ± 4,9	151,7 ± 16,18	485	24,42 ± 2,77	26,90
1975.	37,0 ± 3,8	107,3 ± 11,5	527	12,95 ± 1,30	17,73
Srednja vredn.	73,38	145,53	656,9	34,38	36,73

padavina i zemljišta uvećaju sto puta koncentracija Sr-90 u vodi bi se povećala čak 180 puta, što govori da radijaciona opasnost u slučaju otvorenih sistema za snabdevanje vodom raste kao stepena funkcija pri povećanju kontaminacije životne sredine.

Dalji prenos Sr-90 iz jezerske vode u pijaću vrši se preko sistema za prečišćavanje vode, a potom vodovodnom mrežom do potrošača. Uzme li se u obzir da je srednja vrednost koncentracije Sr-90 u jezerskoj vodi ($34,38 + 19,19$) Bq/m³, a u pijaćoj u centru Kragujevca ($26,13 + 13,48$) Bq/m³ dolazi se do vrednosti srednjeg faktora zaustavljanja - dekontaminacije Sr-90 koji iznosi 1,32 (sve računato za period od deset godina (1964-1975)). Dakle u datim hidrološkim i geohemijskim uslovima i postojećom tehnologijom prerade sirove vode iz nje se odstranjuje oko 18% aktivnosti Sr-90. Iako je period praćenja promene koncentracije Sr-90 u sirovoj i pijaćoj vodi dovoljno dug mi smatramo da za ocenu radijacione sigurnosti treba računati sa modelom za sirovu vodu (relacija 4) jer ne znamo kolika će biti moć zaustavljanja Sr-90 u slučaju ekstremno visokih koncentracija.

Z A K L J U Č A K

Dobijena relacija (4) koja predstavlja model prenosa Sr-90 iz padavina i zemljišta u vodu akumulacije daje sasvim dobre rezultate i ne postoji značajna statistička razlika između merenjem dobijenih srednosti i onih koji se dobijaju izračunavanjem preko navedenog modela te se on može smatrati dovoljno pouzdanim.

S U M M A R Y

In this paper a mathematical model of the ⁹⁰Sr transfer from fallout soil into the lake water has been established. The model has the following form

$$C_{ji} = 0,3[1 - \exp(-0,027 I_p)] I_p + 0,027 z^{1,35} \sqrt{h}$$

Results obtained using this model agree rather well with experimental data.

LITERATURA

1. RADOVANOVIĆ, R.(1967.): Izvori radioaktivne kontaminacije vode u Beogradu, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd.
2. RADOVANOVIĆ, R.(1969.): Kritičke ocene dozvoljenih nivoa radioaktivne kontaminacije biosfere sa C_s-137 i S_r-90 , Zbornik radova IV Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, sv.2, str.581-591, Baško Polje.
3. STEPANOVIĆ, Ž.(1974.): Hidrološke karakteristike Kragujevačke kotline sa posebnim osvrtom na snabdevanje Kragujevca vodom str.54-55, Kragujevac.
4. Radioaktivnost Životne sredine u SRS, 1963-1975. Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd.
5. MILOJEVIĆ, S.(1973.): Studija prenosa fisionih produkata u pijaće vode, Magistarski rad, Zagreb.
6. MILOJEVIĆ, S.(1980.): Model radijacionog rizika od beta radionuklida iz pijaće vode akumulacionog jezera "Grošnica"-Doktorska disertacija, Kragujevac.

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja

Portorož, 21. - 24.04.1981.

Smiljanić R., Patić D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

ODREĐJIVANJE FAKTORA SPIRANJA RADIOAKTIVNIH MATERIJA
IZ VAZDUHA ANALIZOM TRAJANJA PADAVINA

R E Z I M E

Faktor spiranja radioaktivnih materija poreklom od nuklearnih eksplozija određen je praćenjem promena radioaktivnosti vazduha u funkciji trajanja padavina.

Analiza faktora spiranja po sezonama pokazala je da je u hladnom priodu godine faktor spiranja veći nego u tolom.

Medju brojnim činiocima od kojih zavisi nivo kontaminacije prizemnog sloja vazduha radioaktivnim materijama poreklom od nuklearnih eksplozija značajan je uticaj količine i trajanja padavina.

Poznato je da padavine u najvećoj meri doprinose kontaminaciji tla. Njihov uticaj na sadržaj radioaktivnih materija u vazduhu, međjutim, nije uvek jednostavno definisati. Sa jedne strane padavine mogu da doprinesu smanjenju kontaminacije prizemnog sloja vazduha aerosolima, dok sa druge strane one mogu da dovedu do povećanja kontaminacije vazduha u podoblačnom sloju, ako su same kontaminirane radioaktivnim materijama u sloju oblaka, a dolazi do isparavanja vodenih kapi u prizemnom sloju vazduha. U kojoj meri svaki od ova dva, u osnovi suprotna procesa, doprinose sadržaju radioaktivnih materija u vazduhu nije jednostavno odrediti samo na osnovu prizemnih merenja. Drugim rečima, na osnovu ovakvih merenja,

najčešće se u proceni uticaja padavina na radioaktivnu kontaminaciju vazduha ostaje u domenu nekih kvalitativnih relacija /1,2/. Medjutim, kvantifikacija ovog uticaja je nužna za pravilnu ocenu nivoa kontaminacije vazduha, odnosno ocenu internog ozračivanja inhalacijom.

Detaljnije rasmatranje uticaja padavina na radioaktivnost vazduha pokazalo je da u proseku padavine doprinose eliminaciji radioaktivnih materija iz vazduha /3/. Kvantitativnu meru ovog doprinosa daje faktor spiranja, koji se može odrediti praćenjem promene radioaktivnosti vazduha u funkciji neke od važnijih karakteristika padavina - njihove količine, intenziteta ili trajanja.

U ovom radu je učinjen pokušaj da se faktor spiranja odredi analizom uticaja trajanja padavina na koncentracije radioaktivnih materija u vazduhu.

Kao eksperimentalni materijal korišćen je trinaestogodišnji depo podataka o vrednostima srednjih dnevnih koncentracija ukupne beta radioaktivnosti vazduha, kao i podaci o trajanju padavina u ovom periodu (1967.1979).

Na osnovu eksperimentalnih podataka određivan je odnos između koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu u toku kišnih dana (C_t) i koncentracija za dane pre početka kiše (C_0). Ove vrednosti su usrednjene za ceo ispitivani period. Promena odnosa C_t/C_0 u funkciji vremena data je na Sl.1. Vidi se da ovaj odnos opada eksponencijalno sa vremenom, što je u saglasnosti sa teorijskim postavkama o tipu ove zavisnosti, koja se izražava relacijom $C_t = C_0 e^{-ot}$, gde je o - faktor spiranja /1/.

Prema našim rezultatima faktor spiranja iznosi približno $o = 1,2 \times 10^{-6} s^{-1}$. Ova vrednost se po redu veličine slaže sa vrednostima koje su za faktor spiranja dobili drugi autori, u uslovima smanjenog broja nuklearnih eksplozija /1,4/.

Analiza faktora spiranja po sezonama pokazala je da je u toku toplijeg perioda godine (proleće, leto) ovaj faktor manji ($o = 0,6 \times 10^{-6} s^{-1}$), dok je u hladnom periodu (jesen, zima - isključujući dane sa snežnim padavinama) ovaj faktor izrazito veći ($o = 2,3 \times 10^{-6} s^{-1}$). Odnos C_t/C_0 za topli i hladni odnos u funkciji vremena prikazan je na Sl.2.

Pretpostavljamo da je uzrok ovih razlika povećani uticaj isparavanja kišnih kapi u podoblačnom sloju u toku toplog perioda

godine, što doprinosi ublažavanju efekta spiranja radioaktivnih materija iz vazduha padavinama, dok je u hladnom periodu godine efekat isparavanja manji u odnosu na efekat zahvata ovih materija padavinama.

Prestanak padavina uslovljava postepeni porast koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu. Odnos između koncentracija u dane posle prestanka padavina (C_{st}) i koncentracija za prethodni kišni dan (C_k) raste sa vremenom, ali pokazuje izrazitu tendenciju usporavanja porasta 3-4 dana po prestanku padavina./Sl.3/.

Zaključak

Primenjena metoda omogućila je kvantitativno određivanje faktora spiranja radioaktivnih materija iz vazduha.

Srednja vrednost faktora spiranja za ceo ispitivani period iznosi $\alpha = 1,2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, za topli period godine ona u srednjem iznosi $0,6 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, a za hladni - $\alpha = 2,2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.

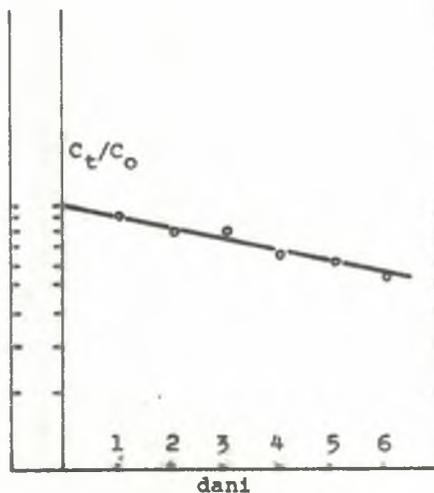
Abstract

Washout coefficient for radioactive fallout has been determined using the variations of concentrations of the radioactive aerosols as a function of the rain duration.

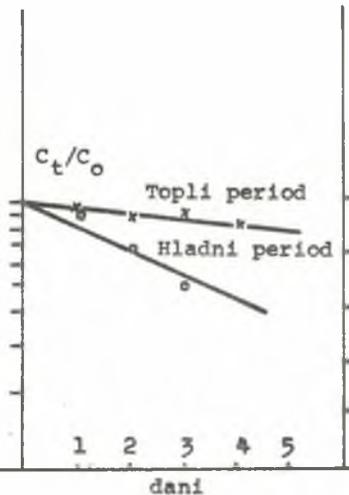
From the study of the determined seasonal coefficients one can conclude that the mentioned coefficients are greater for the cold than for the warm period on the year.

Literatura

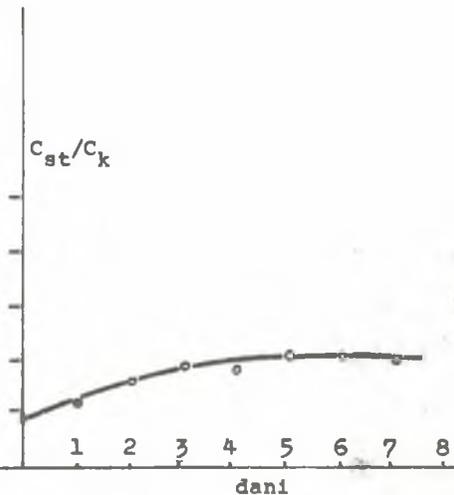
1. Styro B.I. - Samoouchishchenie atmosfery ot radioaktivnyh zagryaznenii, izd.Gidrometeoizdat, Leningrad, 1968.
2. Yadernaya Geofizika, izd.Mir, Moskva, 1964.
3. Smiljanić R., Patić D. - Uticaj padavina na radioaktivnost prizemnog sloja vazduha, IBK-1507, 1979.
4. Bartoli de M., Gaglione P. - Variability of the washout ratio for some fallout radionuclides, Sym.IAEA-Sm-181/25, Vienna, 1975.



Sl.1 Smanjenje koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu u toku trajanja padavina



Sl.2 Smanjenje koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu u toku trajanja padavina



Sl.3 Porast koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu posle prestanka padavina

Portorož, 21.-24. april, 1981

Bek-Uzarov Dj., Djukić B.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

PROCENA APSORBOVANE DOZE ZRAČENJA OD
RADIONUKLIDA U ORGANIZMU STANOVNIKA
BEOGRADSKOG REGIONA

Predmet ovog rada su istraživanja u cilju procene sadržaja odnosno srednje aktivnosti i srednje jačine godišnje apsorbovane ekvivalentne doze za celo telo kod stanovnika Beogradskog regiona od ^{40}K i ^{137}Cs u periodu 1978-79 godine. Procene su vršene na osnovu podataka dobijenih metodom direktnog merenja telesne radioaktivnosti. Istovremeno je izvršeno poređenje procenjenih doza za ova dva radionuklide sa srednjim godišnjim apsorbovanim ekvivalentnim dozama od radionuklida ^{226}Ra i ^{238}U , a prema raspoloživim podacima iz literature. Procena i komparacija vrednosti apsorbovanih ekvivalentnih doza ima za cilj dobijanje podataka neophodnih za procenu radijacionog rizika.

1. Uvod

Unutrašnje ozračivanje ljudskog organizma je direktna posledica interne kontaminacije radionuklidima iz životne i radne sredine, koji u organizam doprevaju vazduhom, vodom, hranom. Poreklo ovih radionuklida je dvojako: ili potiču iz prirode ili su veštački proizvedeni. Kontakt između njih i čoveka ostvaruje se bilo u uslovima šire životne sredine bilo u profesionalnim okvirima (radna sredina). No, bez obzira na poreklo radionuklida i način ekspozicije, ljudski organizam u tim okolnostima biva izložen unutrašnjem ozračivanju. Procena izloženosti ljudskog organizma radionuklidima ima izuzetan radijaciono-higijenski značaj, jer doze apsorbovane usled prisustva radionuklida u organizmu čine integralni deo ukupne doze koju čovek prima u svim uslovima i vrstama ekspozicije. Posebno je važna i činjenica da pojedini radionuklidi imaju i svoje vrlo određene biomedicinske, radiotoksične i radiopatoгене efekte. Stoga je, vodeći računa o radijacionom riziku tj. o mogućnosti pojave, po čoveka štetnih radijacionih efekata, neophodno vršiti procenu sadržaja radionuklida u organizmu i procenu doza koje organizam od njih prima. Obzirom na dvojako poreklo ovih radionuklida procena treba da se odnosi kako na one poreklom iz prirode tako i na one veštački stvorene i to u prvom redu radionuklide koji imaju biomedicinski, radiotoksični i radiopatoگeni značaj.

2. Izloženost radionuklidima

Pre nuklearne ere, tj. pre otkrivanja lančane reakcije, a posebno pronalaska i upotrebe atomskog odnosno nuklearnog oružja, u ljudskom organizmu su bili prisutni samo radionuklidi porekla iz prirode. Na taj način čovek je bio izložen vešta samo kontaminaciji prirodnog porekla. Profesionalno isle vanje bilo je u to vreme ograničeno na izuzetno mali broj ljudi, dakle minimalno. Radionuklidi - kontaminanti ljudskog organizma iz prirode srednje potiču ili iz kosmosa: ^3H , ^{210}Po , ^{14}C , ^{22}Ne , ili iz zemljine kore (terestralni ili tzv. primordijalni): ^{40}K , ^{87}Rb , kao i radionuklidi produkti raspada ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th , koji zbog svoje nelomogene rasporedjenosti na zemljinoj kugli mogu, bez obzira na svoje poreklo, biti u određenoj slučajevima smatrani kao kontaminanti organizma u punom smislu. Tehnološki progres je doprineo da se danas, pored ekspozicije radionuklidima porekla iz prirode mora računati i sa dodatnom ekspozicijom veštački stvorenih radionuklidima, koje može povećati ukupnu dozu oštećivanja životne sredine i čoveka. Neki radionuklidi prvobitno poreklom iz prirode pojavljuju se sada u životnoj sredini i kao veštački stvoreni (^3H). Veštački stvoreni radionuklidi su danas brojni i u većini imaju karakteristike koje se ne mogu zanemariti kada je u pitanju zdravlje i život čoveka. Takvi su na primer radionuklidi - kontaminanti životne sredine i čoveka stvoreni posle nuklearnih eksplozija (fall-out): ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{144}Ce , isotopi Plutoniuma.

3. Sadržaj i cilj rada

Polazeći od ranije obavljenih istraživanja i dobijenih rezultata nastavljeno je, u granicama postojećih mogućnosti, istraživanje na planu procene sadržaja odnosno srednje aktivnosti i srednje jačine godišnje apsorbovane ekvivalentne doze za celo telo kod stanovništva Beogradskog regiona od ^{40}K - jednog od biomedicinski najznačajnijeg kontaminanta organizma poreklom iz prirode, uz procenu iste doze od ^{137}Cs - radionuklida veštačkog porekla (fall-out) u periodu 1978-79 godine. Istovremeno je izvršeno poređenje procenjenih doza za ova dva radionuklida sa srednjim godišnjim apsorbovanim ekvivalentnim dozama od radionuklida ^3H i ^{14}C , a prema raspoloživim podacima iz literature. Procena i komparacija vrednosti apsorbovanih ekvivalentnih doza ima za cilj dobijanje podataka neophodnih za procenu radijacionog rizika od datih radionuklida.

4. Metodologija i rezultati rada

Procene za ^{40}K i ^{137}Cs vršene su na osnovu određivanja sadržaja ukupnog kalijuma i izotopskog odnosa ^{40}K u organizmu, te određivanja sadržaja metodom direktnog merenja ukupne telesne radioaktivnosti i primerom odgovarajućeg analitičkog izraza za funkciju opadanja prosečne radioaktivnosti u ljudskom telu.

Dobijene vrednosti srednje telesne radioaktivnosti za ^{40}K (A) i srednje jačine apsorbovane godišnje ekvivalentne doze za celo telo (D) su:

$$A = (4 \pm 1) \text{ kBq}$$

$$D = (7,0 \pm 0,2) \text{ pSv/s}$$

Srednja jačina apsorbovane godišnje ekvivalentne doze za celo telo kod stanovnika Beogradskeg regiona računata je za radionuklid ^{137}Cs za period 1970-79 godine i procenjena je na:

$$D = (0,64 \pm 0,03) \text{ nSv/s}$$

Što se radionuklida ^{14}C i ^3H tiče, oni su čisti beta emiteri sa energijama beta čestica od 0,155 MeV-a (^{14}C) i 0,018 MeV-a (^3H). Maksimalna koncentracija ^{14}C u organskom svetu je reda 0,015% i ostaje konstantna sve dok je bioorganizam u životu, da bi nakon prestanka života opadala zbog izostajanja imene sa ugljenikom iz okolne sredine i raspada ^{14}C . Ovaj radionuklid ima period poluraspada od 5568 godina. Srednja jačina apsorbovane godišnje ekvivalentne doze za celo telo od ^{14}C iznosi:

$$D = (0,14 \pm 0,08) \text{ pSv/s}$$

Zastupljenost u prirodi radionuklida ^3H je reda veličine kakav se nalazi u vodi u životnoj sredini, jer se kroz vodu uglavnom i razmenjuje. Srednje jačina apsorbovane godišnje ekvivalentne doze od ovog radionuklida je:

$$D = (0,32 \pm 0,07) \text{ pSv/s}$$

Koncentracije radionuklida iz porodice uranijuma i torijuma su niske i kao takve se mogu zanemariti. Međutim, u oblastima gde su koncentracije u tlu zbog geološkog sastava veće zapažaju se i vrlo visoke fluktuacije koje se kreću za red veličina u reproduktivnosti merenja, a srednje jačine apsorbovanih godišnjih ekvivalentnih doza za celo telo kod slučajeva koji se mogu smatrati kao kontaminacija ovim radionuklidima su relativno visoke zbog prisustva alfa raspada.

5. D i s k u s i j a i z a k l j u č a k

Poredjenjem podataka o srednjim jačinama apsorbovanih godišnjih ekvivalentnih doza za ispitivane radionuklide vidi se da ^{40}K uprkos mogućim prirodnim fluktuacijama u namirnicama i vodi zadržava svoje uglavnom standardne vrednosti, zahvaljujući u prvom redu činjenici da je zbog svog esencijelnog sadržaja i uloge u organizmu podvrgnut striktnim zakonima homeostatske ravnoteže. Koncentracija radionuklida ^{137}Cs opada i dalje brzinom oslobadjanja koja je eksponencijalna funkcija za utvrđeni parametar oslobadjanja $T_{1/2} = (3,7 \pm 0,4)$ godine, a na osnovu rezultata dobijenih direktnim merenjima telesne radioaktivnosti stanovnika Beogradskog regiona tokom protekle decenije. Kratanja ovog radionuklida prate se i dalje. Zapažene su fluktuacije koje prevazilaze stohastičke fenomene, pa se računom da je praćenje oslobadjanja organizma stanovništva od ovog radionuklida u periodu proteklih i narednih godine od posebnog interesa. Proširenjem istraživanja

i na druge značajne radionuklide - kontaminante životne sredine i ljudskog organizma mogla bi se u narednom periodu dobiti još bolja informacija o radionuklidnom telesnom opterećenju našeg stanovništva, o radijacionom riziku, što bi vrlo korisno poslužilo optimizaciji zaštite od zračenja i radijacione kontaminacije naše zemlje i stanovništva.

THE EVALUATION OF THE MEAN ABSORBED BODY BURDEN DOSE - RATE IN THE BELGRAD REGION POPULATION

The aim of this investigation are the evaluation of the body burden i.e. the evaluation of the mean activity and middle rate of the equivalent absorbed dose for whole body at population of Belgrad region given by ^{40}K and ^{137}Cs in period 1978-79 year. The evaluation are carried out on basis of the results obtained by method of the Whole Body Counting. In the same time the evaluated doses for these two radionuclides are compared with the mean absorbed equivalent doses from radionuclide ^2H and ^{14}C , against to the literature informations. The evaluation of the absorbed equivalent doses are made in order to obtain some informations about radiation risks originated from internal radionuclide contamination.

6. Literatura

1. Dj.Bek-Uzarov, Z.Djukić: II Jugoslovenski simpozijum radiološke zaštite, 1965, Mostar
2. Bek-Uzarov Dj., Djukić Z.: Izveštaj, SKPZ ug. o3-10001/IRK-116/6, 1966, Vrnja
3. UNSCEAR Report to the General Assembly 1977, UN, 1977, New York
4. Djukić Z., Bek-Uzarov Dj., Simonović J.: XIV Jugosl.sastanak nuklearne medicine, Zbornik materijala, 341, izd.Galenika, 1977, Beograd.
5. Bek-Uzarov Dj., Djukić Z.: Izveštaji IBK po ug.RSZSP SRS, 1966-74, Vrnja
6. Dj.Bek-Uzarov, J.Simonović, Z.Djukić: IX Simpozijum JDZ, 1977, Jajce
7. Bek-Uzarov Dj., Simonović J., Djukić Z.: X Simpozijum JDZ, 1979, Arandjelovac
8. Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publ.23, 1975, Pergamon Press.

Popovski Slobodan
Vojna pošta 3088-Skopje

UKUPNA BETA RADIOAKTIVNOST U POVRŠINSKIM VODAMA U MAKEDONIJI U PERIODU 1973 - 1980

U radu su prezentirani rezultati merenja ukupne beta radioaktivnosti u površinskim vodama u Makedoniji u periodu 1973 - 1980 godine.

UVOD

Pojedini regioni se sve više suočavaju sa problemom nedostatka vode. Sve brža urbanizacija i rastež gradova i industrije i druge delatnosti iziskuju veće potrebe za higijenski ispravnom i čistom vodom. Sve veće zagađenje reka i jezera otežava pitanje dobijanja čiste vode za piće. Cilj zadatka je bio da se u sklopu opšteg zagađenja površinskih voda hemijskim i biološkim agensima sagleda i radiološko zagađenje reka i jezera u Makedoniji na prisutnost radionuklida merenjem ukupne beta radioaktivnosti.

MATERIJAL

Kako sliv reke Vardara obuhvata oko 80 % površinskih voda u Makedoniji to i prvobitna ispitivanja su vršena na uzorcima reke Vardara u periodu 1973 - 1980 godine. Uzorci su uzimani od 10 mesta i to počev od izvora kod s. Vrutok do izlaska reke Vardara iz naše zemlje kod Bevdelije. Uzorci vode za ispitivanje uzimani su iz krajbrežnog pojasa po dužini reke a u zavisnosti od broja i lokacija zagađivača (naselja, industrijskih objekata i sl.). Uzorci su uzimani u različitim hidrološkim uslovima u svim sezonama.

METOD RADA

Beta radioaktivnost na ispitivanim uzorcima merena je na mineralnom ostatku. Uzorci su mineralizovani metodom uparavanja sa infracrvenim lampama i žarenja na temperaturi do 450 °C. Za merenje je korišćen halogeni GM brojač sa antikoincidentnom spregom LOLA 4, proizvodnja Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrić"-Vinča. Efikasnost brojača za beta zračenje određivana je pomoću standardnih izvora pripremljenih od soli KCl u kojoj prisustvo ^{40}K iznosi $0,119 \times 10^{-3}$ prirodnog kalijuma.

REZULTATI

U TAB br.1, prikazani su rezultati merenja od pet mesta nizvodno od izvora reke Vardara, koje u potpunosti karakterišu ceo tok reke. Ukupna prosečna beta radioaktivnost postepeno ~~ra-~~ ~~ste nizvodno i kretala se u proseku od (0,056 - 0,451) Bq/lit.~~ Pojedinačni rezultati merenja bili su u vrlo širokom spektru tako da kod Đevđelije izmerene su najmanje vrednosti od 0,074 Bq/lit u septembru 1980 godine (mineralni ostatak 2,256 mN/lit), a najveća vrednost od 2,109 Bq/lit u julu 1975 godine (mineralni ostatak od 75,537 mN/lit).

Kako je bilo karakteristično da donji tek reke Vardara ispod T.Velesa ima tendenciju povećanja ukupne beta radioaktivnosti u 1979 i 1980 godini pristupilo se sistematskom merenju beta aktivnosti i u ostalim većim pritokama reke Vardara i to: reke Bregalnice ispod Štipa i reke Crna Reka ispod Bitola. Ovo je učinjeno sa ciljem da se utvrdi koliko ove pritoke doprinose pom povećanju. Iz rezultata u priloženoj TAB br.1, može se zaključiti da jedan deo povećanja dolazi i od reke Bregalnice čije vrednosti su u proseku nešto veći od reke Vardara u donjem toku a drugi deo dolazi od naselja i industrije od T.Velesa i drugih faktora nizvodno od Đevđelije. Ne isključuje se mogućnost malog uticaja i reke Crne Reke.

U TAB br.1, prikazani su minimalne, maksimalne i prosečne vrednosti ukupne beta radioaktivnosti Ohridskog, Prespanskog i

Dojranskog jezera za 1979 i 1980 godinu. Radioaktivnost Dojranskog jezera prosečno iznosi 2-3 puta više nego radioaktivnost Ohridskog ili Prespanskog jezera.

ZAKLJUČAK

Opšt zaključak je da površinske vode u Makedoniji u ovom periodu nisu bili radiološki zagađeni sem u incidentnim i pojedinačnim slučajevima kada su izmerene povećane vrednosti koje dolaze od povećanog mineralnog ostatka u samoj vodi.

ABSTRACT

This work represent the results of the measurements of total beta radioactivity in surface waters of Macedonia during 1973 - 1980 years.

L I T E R A T U R A :

- PICER, M.: Merenje ukupne beta radioaktivnosti u prirodnim vodama pojednostavljenom metodom uparavanja. Zbornik radova III simpozijuma JDEZ, str. 293. Banja Luka, 1967.
- MILCJEVIĆ, S.: Dinamika prodiranja fisionih produkata u vode Velike Morave. Zbornik radova VIII simpozijuma JDZZ, str. 259. Herceg Novi, 1975.
- POPOVSKI, S.: Ukupna beta radioaktivnost u izvorskim vodama u SR Makedoniji. Zbornik radova IX simpozijuma JDZZ, str. 275. Jajce, 1977.
- KOBAL, I. at all: Naravna radioaktivnost izvorov in površinskih voda v območju Loških Hribov. IX simpozijum JDZZ. Jajce, 1977.

TABELA 1.

PROSEČNA BETA RADIOAKTIVNOST U POVRŠINSKIM
VODAMA U MAKEDONIJI

Red. br.	Površinska voda	Mesto uzetog uzorka	G O D I N A , Bq/lit.					Minimum Bq/lit.	Maximum Bq/lit.	OPRETI PROSEK
			1973	1974	1975	1979	1980			
1.	reka VARDAR	izvor s.Vrutok	0,044	0,067	0,056	-	-	0,037	0,074	0,056
2.	"	ispod Tetovo	0,296	0,215	0,129	-	-	0,037	0,444	0,211
3.	"	ispod Skopje	0,311	0,326	0,333	0,148	0,289	0,074	0,999	0,281
4.	"	Krivolak	0,337	0,466	0,474	0,344	0,277	0,074	1,073	0,377
5.	"	Gevgelija	0,466	0,585	0,688	0,307	0,289	0,111	2,109	0,451
6.	reka BREGALNICA	ispod Štip	-	-	-	0,444	0,492	0,148	1,221	
7.	reka CRNA REKA	ispod Bitola	-	-	-	0,322	0,344	0,111	0,555	
8.	jezero OHRIDSKO	Gradska Plaža	-	-	-	0,081	0,100	0,015	0,222	
9.	jezero PRESPANSKO	s.Pretor	-	-	-	0,089	0,141	0,015	0,259	
10.	jezero DOJRANSKO	Star	-	-	-	0,326	0,277	0,111	0,592	

XI. Jugoslavenski simpozijum o zaštiti od zračenja

Portorož, 21. - 24.04.1981.

A. H. Baha Al-Deen*, S. Lulić, K. Košutić
Centar za istraživanje mora, Institut "Rudjer Bošković", ZagrebODREĐIVANJE ^{90}Sr BROJENJEM ^{90}Sr - ^{90}Y U RAVNOTEŽI

Dosadašnji postupci za određivanje aktivnosti ^{90}Sr u prirodnim uzorcima uglavnom se temelje na odvajanju ^{90}Y iz stalnog ravnotežnog stanja ^{90}Sr - ^{90}Y . Ovim radom žele se pokazati prednosti metode brojenja ^{90}Sr - ^{90}Y u ravnoteži, nakon što je stroncij odvojen nizom pogodnih radiokemijskih separacija. Ova metoda određivanja aktivnosti ^{90}Sr poboljšava statistiku brojenja, štedi vrijeme i kemikalije, i ne zahtijeva upotrebu radioaktivnih obilježivača.

Aktivnost ^{90}Sr određivana je u uzorcima ljuske školjki iz Karipskog mora. Dobiveni rezultati slažu se sa rezultatima dobivenim brojenjem aktivnosti od ^{90}Y , unutar statističke greške.

UVOD

Dobro je poznato da je radioaktivni stroncij, a posebno ^{90}Sr , uz ^{137}Cs najznačajniji produkt nuklearne fisije. Njegovim određivanjem može se procijeniti nivo radioaktivnog zagađenja čovjekove okoline. Razlozi za određivanje aktivnosti ^{90}Sr su njegov visok prinos u nuklearnoj fisiji s obzirom na druge elemente (5%) i dugo vrijeme poluraspada (28,5 god.), koje uzrokuje njegovo koncentriranje u čovjekovoj okolini. Pošto je kemijski vrlo sličan kalciju, može lako dospjeti u ljudski organizam i štetno djelovati. Iz gore navedenih razloga vidi se potreba za određivanjem aktivnosti ^{90}Sr u prirodnim uzorcima. Posebnu važnost ima određivanje ^{90}Sr u morskim uzorcima, jer more je s jedne strane izvor ljudske hrane, a s druge strane more se koristi za odlaganje radioaktivnih otpadaka (BA 74 b). Već niz godina redovito se određuje sadržaj radioaktivnog stroncija skoro u svim zemljama svijeta (MA 69) i njemu je do sada bilo posvećeno niz međunarodnih sastanaka (IA 70).

*Profesor na UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CUMANÁ, ESTADO SUCRE, VENEZUELA, na jednogodišnjem studijskom radu u Institutu "Rudjer Bošković".

TEORETSKO RAZMATRANJE

Stroncij-90 ($t_{1/2} = 28,5$ god., $E_{\text{beta}}^{\text{max.}} = 0,61$ MeV) beta raspadom pretvara se u itrij-90 ($t_{1/2} = 60$ h, $E_{\text{beta}}^{\text{max.}} = 2,18$ MeV), a on opet beta raspadom u stabilni cirkonij-90. Dakle imamo dva uzastopna raspada, gdje je ^{90}Sr predak, a ^{90}Y potomak i gdje je $t_{1/2}^{90}\text{Sr} \gg t_{1/2}^{90}\text{Y}$ i time su zadovoljeni uvjeti za postizavanje stalne ravnoteže. Kada je $t \gg t_{1/2}^{90}\text{Y}$, ukupna aktivnost može se prikazati relacijom:

$$(-dN/dt)_{\text{ukupno}} = (-dN/dt)_{^{90}\text{Y}} + (-dN/dt)_{^{90}\text{Sr}} \quad (1)$$

$$\text{Odnosno: } A_{\text{ukupno}} = A_{^{90}\text{Y}} + A_{^{90}\text{Sr}} \quad (2)$$

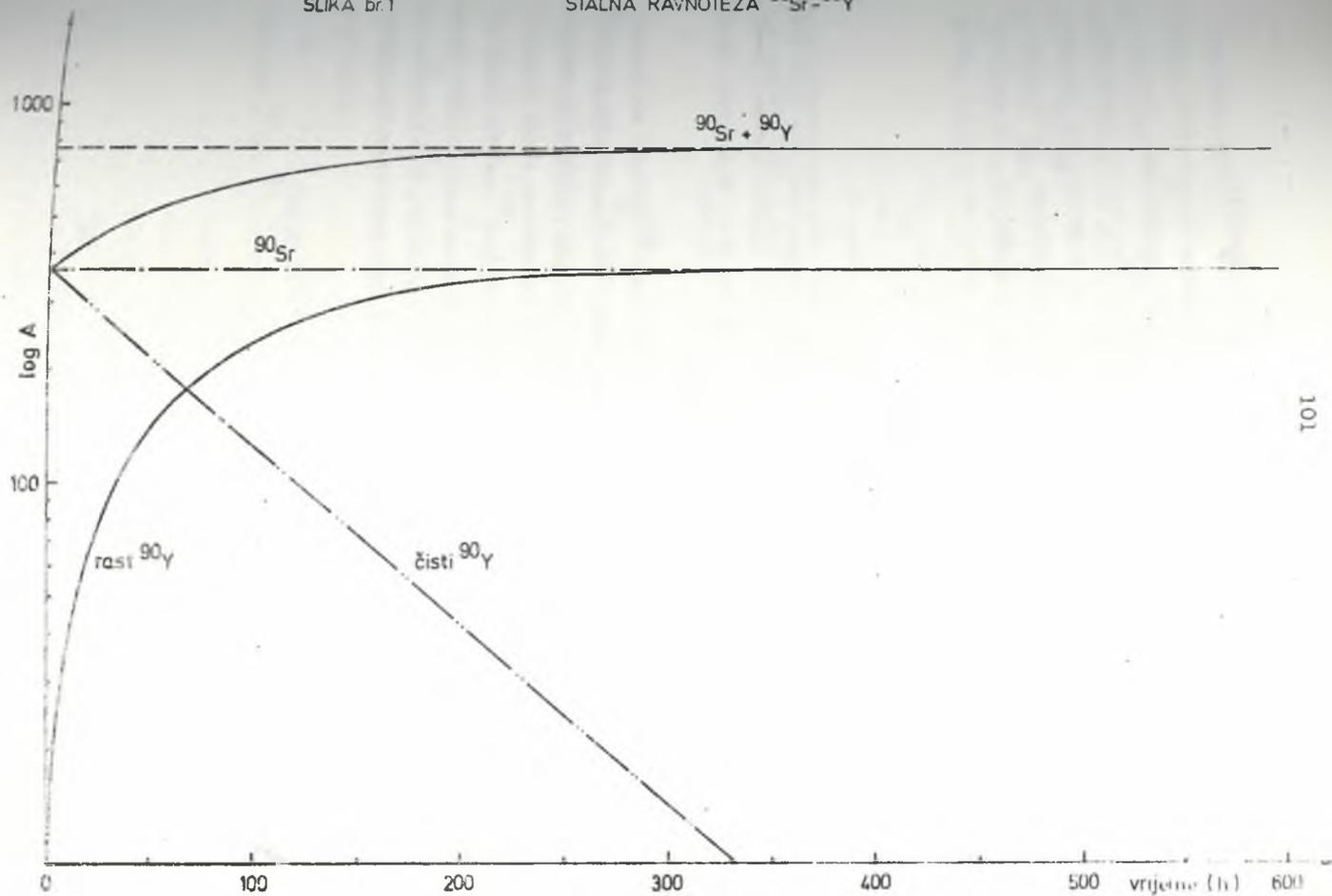
$$\text{Gdje je: } A_{^{90}\text{Sr}} = A_{^{90}\text{Y}} \quad (3)$$

(Vidi grafički prikaz, slika broj 1)

Pokušaji odvajanja ^{90}Y direktno iz originalnog uzorka kao metoda za određivanje ^{90}Sr nisu dali očekivane rezultate i brzo su napušteni (BO 70). Danas skoro sve metode za određivanje ^{90}Sr osnivaju se na odvajanju čistog stroncija iz originalnog uzorka. Kada odvojeni ^{90}Sr postigne stalnu ravnotežu sa ^{90}Y , odvajamo ^{90}Y i brojimo njegovu aktivnost. Između mnogobrojnih metoda za određivanje radioizotopa koji koriste gore navedene osnove spominjemo Hollbach-a (HO 59) i HASL-a (HA 76). Navedeni razlog za ovakovo određivanje je visoka beta energija Y-raspada, odnosno niska beta energija Sr-raspada, što bi uslijed samoapsorpcije u talogu dalo pogrešne rezultate brojenja. Općenito postatak iskorištenja separacije stroncija određuje se gravimetrijski (MI 60) ili upotrebom obilježivača ^{85}Sr ili ^{89}Sr (BA 78 a). Postatak iskorištenja separacije itrija odradjuje se isključivo gravimetrijski.

Postatak iskorištenja stroncija je u prosjeku 50% od ukupnog stroncija, a iznos iskorištenja stvorenog itrija je također približno 50%. Prema tome ako brojimo ^{90}Sr preko ^{90}Y onda brojimo samo 25% od ukupnog ^{90}Sr . Osim toga, nije moguće u potpunosti osigurati radiokemijsku čistoću Y-taloga i često se dobivaju veće aktivnosti nego realne (KA 80).

Ukupna aktivnost ^{90}Sr u prirodnim uzorcima je vrlo niska na pr: 24,93-53,53 Bq/l na površini Baltičkog mora u 1973-1974 (ST 77) i (DR 76), 180^{+50} Bq/l za Karipsko more u 1976 (VD 71) te $2,5 \pm 0,3$ Bq/l u položaju $15^{\circ}32' \text{ N}$ i $66^{\circ}36' \text{ W}$ u 1960 (BO 65).



Smatramo da brojenje aktivnosti ^{90}Sr preko ^{90}Y (što predstavlja 25% ukupne aktivnosti ^{90}Sr) otežava ionako delikatno brojenje niske beta aktivnosti. Zato smo odlučili ispitati mogućnost brojenja $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ u stalnoj ravnoteži. Neki autori (BA 74 a), (BA 76), (AN 76) i (FU 80) vršili su određivanje ^{90}Sr u prisutnosti ^{89}Sr . Broji se ukupna beta aktivnost ^{90}Sr i ^{89}Sr . Naknadno se odvoja i broji ^{90}Y , da bi se preko toga računala aktivnost ^{90}Sr . Konačna aktivnost ^{89}Sr računa se odbijajući aktivnost ^{90}Sr od ukupne aktivnosti ^{90}Sr i ^{89}Sr . U ovim slučajevima uočljivo je da je aktivnost ^{89}Sr određena indirektno, tj. beta brojenjem ^{90}Sr u talozima SrCO_3 do 15 mg i da je mogući gubitak aktivnosti uslijed samoapsorpcije ^{90}Sr beznačajan.

EKSPERIMENTALNI DIO I REZULTATI

Za određivanje sadržaja aktivnosti ^{90}Sr upotrijebili smo ljuske školjki *Lima scabra* i *Chione cancellata* sa Karipskog mora. U ovim uzorcima prethodno je određena koncentracija ukupnog stroncija plamen-fotometrijom (BA 78 b'). Razlog ovog izbora jest visoki sadržaj stroncija u karbonatnim ljuskama.

Za određivanje aktivnosti ^{90}Sr brojenjem ^{90}Y slijedili smo postupak HASL-a (HA 76), koristeći obilježivač ^{85}Sr za računanje iskorištenja kemijskog odvajanja stroncija. Za gama brojenje ^{85}Sr koristili smo NaJ(Tl) well type detektor, model "ECKO" i brojilo "Nuclear enterprises" ST3. Pošto postupak HASL ne navodi pripremu karbonatnog uzorka sličnog ljuskama školjke, uzorci su prethodno žareni 15 minuta na 500°C . Nakon dodatka koncentrirane HCl uzorak je otparen do suha, te dodana koncentrirana HNO_3 i ponovo otpareno do suha. Aktivnost ^{90}Y brojena je u obliku oksalata. Za račun aktivnosti ^{90}Sr (A) u mBq/g žarene školjke upotrijebili smo slijedeću jednadžbu:

$$A_{^{90}\text{Sr}} = 16,67 \frac{\text{neto imp. u min.}}{b_Y \cdot b_{\text{Sr}} \cdot \epsilon \cdot m} e^{-\lambda ^{90}\text{Y} (t_b - t_0)} \quad (4)$$

gdje:

b_Y - kemijsko iskorištenje itrija u %

b_{Sr} - kemijsko iskorištenje stroncija u %

ϵ - efikasnost beta brojača za brojenje ^{90}Y

m - težina uzorka u gramima

t_b - vrijeme brojenja

t_0 - vrijeme odvajanja ^{90}Y od ravnoteže

Za određivanje stroncija-90 mjerenjem $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ u stalnoj ravnoteži slijedili smo radiokemijsku metodu za odvajanje aktivnog i stabilnog stroncija iz ljudske školjke (BA 78 a). SrCO_3 smo taložili na "millipore" filter papiru ($0,45\ \mu\text{m}$) što smanjuje moguću samoapsorpciju beta zraka stroncija. Nakon što je postignuta stalna ravnoteža između ^{90}Sr i njegova potomka ^{90}Y , izvršeno je brojenje beta aktivnosti. Aktivnost ^{90}Sr izračunata je po slijedećoj jednačbi:

$$A_{^{90}\text{Sr}} = 8,34 \frac{\text{neto imp. u min.}}{b_{\text{Sr}} \cdot \xi \cdot m} \quad (5)$$

Za analize smo upotrijebili 1 - 5 g žarene ljudske školjke i za sva beta brojenja u ovom radu korišten je Low level antikoincidentni beta brojač koji posjeduje protočni detektor pod tlakom Q-plina ($98,9\ \text{He}$ i $1,1\ \text{Iso-Butan}$) od $51,71 \times 10^3\ \text{Pa}$.

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Rezultati prikazani u tabelama 1 i 2, pokazuju da kod određivanja ^{90}Sr preko brojenja ^{90}Y ili brojenja $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$, dobije se isti rezultat unutar granice moguće greške ($100\text{P}/n$). Kod dvije uzastopne analize istog uzorka, Lima scabra 1-10-1 i 1-10-2 ili Chione cancellata A 3-1 i A 3-2, brojenjem $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ dobiju se manje greške nego brojenjem ^{90}Y . Moramo podsjetiti da određivanje ^{90}Sr brojenjem ^{90}Y zahtijeva mnogo duže vrijeme, mnogo više kemikalija, uključivši i upotrebu radioaktivnog obilježivača ^{85}Sr ili ^{89}Sr . Primjetili smo da upotreba radioaktivnog obilježivača ^{85}Sr kod određivanja niskih aktivnosti nije povoljna jer usporokos svih mjera može dovesti do kontaminacije uzorka.

Dakle, iz svega proizlaze slijedeće prednosti u korist određivanja ^{90}Sr brojenjem $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ u stalnoj ravnoteži:

- dobije se skoro isti rezultat kao i kod određivanja aktivnosti brojenjem ^{90}Y ,
- manja greška tj. statistika brojenja se poboljšava skoro četiri puta,
- štedi vrijeme i kemikalije,
- ne zahtijeva upotrebu radioaktivnog obilježivača i
- ne treba da brojač bude stalno uključen (može se brojiti tjednima i čak mjesecima nakon postignute stalne ravnoteže).

TAB 1. Određivanje aktivnosti ^{90}Sr u ljuski školjke (Lima scabra i Chione cancellata) brojenjem ^{90}Y

uzorak	ukupni imp./30 min	neto imp./30 min	b_Y	b_{Sr}	$A_{^{90}\text{Sr}}$	$\frac{\text{mg Sr}}{\text{g uzorak}}$	$\frac{\text{m Bq } ^{90}\text{Sr}}{\text{mg Sr}}$	σ	P	$\frac{100P}{n}$
Lima s. 1-10-1	75,00	28,00	40,73	32,80	248,33	5,40	45,99	5,29	3,57	12,75
Lima s. 1-10-2	97,00	50,00	34,08	60,00	300,00	5,40	55,56	7,07	4,77	9,54
Chione c. A 3-1	72,00	25,00	27,89	51,80	253,50	4,90	51,73	5,00	3,37	13,50
Chione c. A 3-2	65,00	18,00	33,40	34,00	256,12	4,90	52,27	52,27	2,86	15,89

TAB 2. Određivanje ^{90}Sr u ljuski školjke (Lima scabra i Chione cancellata) brojenjem $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$

uzorak	ukupni imp./30 min	neto imp./30 min	b_{Sr}	$A_{^{90}\text{Sr}}$	$\frac{\text{mg Sr}}{\text{g uzorak}}$	$\frac{\text{m Bq } ^{90}\text{Sr}}{\text{mg Sr}}$	σ	P	$\frac{100P}{n}$
Lima s. 1-10-1	936,67	889,67	40,51	256,50	5,40	47,50	29,83	20,12	2,26
Lima s. 1-10-2	295,00	248,00	48,24	259,42	5,40	48,04	15,75	10,62	4,28
Chione c. A 3-1	287,67	240,67	41,90	270,73	4,90	55,25	15,51	10,46	4,35
Chione c. A 3-2	289,33	242,33	44,25	249,12	4,90	50,84	15,57	10,50	4,33

SUMMARY

In this work ^{90}Sr in molluscan shells from Caribbean Sea was determined by counting $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ in secular equilibrium. To obtain pure strontium fraction adequate radiochemical separation was carried out first. The results are in good agreement with those obtained by ^{90}Y counting within statistical errors. This method improves counting statistics, saves time and reagents and does not need the application of radioactive tracers. The counting of $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ can be performed weeks and even months after the secular equilibrium is achieved.

LITERATURA

- AN 76 Anonymus, Environmental Protection Agency, PB-251312, EPA-600 14-76/611. Mar. 1976.
- BA 74 a Baha Al-Deen, A.H., M.S. Thesis, University of Pittsburgh, 1974 a.
- BA 76 Baha Al-Deen, A.H., i Baha Al-Deen, B.K., Acta Cient. Venezolana 27 : 297-300, 1976.
- BA 78 a Baha Al-Deen, A.H., i Baha Al-Deen B.K., The Scientific Journal of Sulaimaniyah University, ZANCO, Kurdistan-Iraq 4,1 : 72-84, 1978 a.
- BA 78 b Baha Al-Deen, A.H., Urguelles, M., Baha Al-Deen, B.K., XXVIII Annual Meeting of Venezuelan Association for Advance of Science AsoVAC, Nov. 12-17, 1978 b, Maracay-Venezuela.
- BA 74 b Baha Al-Deen, B.K. M.S. Thesis, University of Pittsburgh, 1974 b.
- BO 70 Bowen, V.T. International Atomic Energy Agency, Techn. Reports Series, 118, 93-114, Vienna 1970.
- BO 65 Bowen, V.T., Sugihara, T.T., J. of Mar. Research 23,2 : 123-146, May, 1965.
- DR 76 Dragiene, N. et al., Fiz. Atoms 2 : 241-248, 1976.
- HA 76 HASL-300, HASL Procedure Manual, Health and Safety Laboratory, U.S. Atomic Energy Commission, New York, N.Y. 1976.
- HO 59 Hottelbach, P.F., Radioactive Analysis of Environmental Samples, Bob. A. Telf., Engineering Center, Cincinnati, 1959.

- FU 80 Fukushima, H. et al., *Buneki Kagaku*, ISSN^o 235-1931, May, 1979, prema
INIS-ATOMINDEX 11 : 10, 1980.
- IA 70 IAEA, International Atomic Energy Agency, Techn. Reports Series 118, *References
Methods for Marine Radioactivity*, Vienna, 1970.
- KA 80 Kamada, H. *Health Physics Research Abstracts N^o9*: 128, Vienna, 1980.
- MA 69 Muachline, J., Templeton, W.L., *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 2 : 229,
1969.
- MI 60 Miyake, Y., et al., *Pao. Met. Geophys.*, Tokyo, 11 : 188-190, 1960.
- ST 77 Styra, D., et al., *Fiz. Atoms*, 3 : 197-201, 1977.
- VD 71 Vdovenko, V.A., et al., 4th UN Int. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy
Sept. 6 - 16, 1971, Geneva, Switzerland.

XI. Jugoslovanski simpozij iz zaščite pred sevanji
Portorož, 21. - 24.4.1981

D. Brajnik, I. Kobal, U. Miklavžič, M. Šeruga
Institut "Jožef Stefan, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani in
Tovarna kemičnih izdelkov Hrastnik

NEKATERI VPLIVI RADIOAKTIVNOSTI PRI PREDELAVI
FOSFATOV NA OKOLJE

Povzetek

Podane so preliminarne vsebnosti radioaktivnih snovi pri proizvodnji polifosfatov. V odpadnem fosforgipsu, ki ga je možno uporabiti v gradbeništvu, se nabere večina ^{226}Ra .

1. UVOD

Pri predelavi fosforita v fosforno kislino in polifosfate nastanejo velike množine odpadnega fosforgipsa, ki je doslej običajno odtekal v vodotoke. Zaradi vsebnosti urana in potomcev v uvoženih fosforitih je lahko produkcija fosforgipsa pomembna ne samo za kemično, temveč tudi radioaktivno kontaminacijo okolja.

Fosforgips je možno uporabiti kot sekundarno surovino v gradbeništvu za proizvodnjo stenskih plošč ali kot dodatek cementu. Na ta način se ефектно prepreči kemično in radioaktivno onesnaževanje voda.

Pri uporabi fosforgipsa v gradbeništvu pa je potrebno oceniti vpliv radioaktivnih sestavin na človeka v bivalnem okolju.

2. VSEBNOST URANA IN RADIJA

Predhodne raziskave z metodama ¹⁾ visokoločljivostne spektrometrije gama in energijsko spektrometrijo fluorescentnih žarkov X so pokazale ²⁾, da vsebujejo uvoženi fosforiti tipično 110 - 180 $\mu\text{gU/g}$. Uran je običajno v ravnovesju z ^{226}Ra in drugimi potomci.

V tabeli 1 je prikazano, kako se tipično radioaktivne komponente porazdele pri proizvodnji polifosfata. Koncentracije urana se precej spreminjajo, vendar je že po teh preliminarnih analizah

možno zaključiti, da se uran porazdeli na končne produkte, radij pa pretežno koncentrira v fosforgipsu. Merjeni vzorci fosforgipsa so vsebovali 2 - 3 krat večjo aktivnost ^{226}Ra kot dovoljujejo naši predpisi (MDK = 370 Bq/kg).

TABELA 1 Radioaktivne komponente v nekaterih fosfatnih produktih

	Relat. masa	U [$\mu\text{g/g}$]	Ra [$\mu\text{g/g U}_{\text{ekv.}}$]	Ra [pg/g]
Fosforit	1	110 - 180	120 - 185	40 - 62
Fosforgips	1,7	40 - 60	75	25
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	0,5	50 - 85	0,6	0,2
Blato H_3PO_4	0,1	9	9	3
Blato ponevtral.	-	200	30	10

Vplivu radija in radonovih potomcev na človekovo bivalno okolje pri uporabi fosforgipsa bo torej potrebno posvetiti dovolj pozornosti. V kolikor bo v Jugoslaviji prišlo do pridobivanja urana iz fosforitov, bo ta problem lažje rešiti.

Summary

Concentrations of U and Ra in the products of industry of phosphates are estimated. Use of gypsum in the production of concrete is discussed from the radiological point of view.

LITERATURA

1. U.Miklavžič, D.Brajnik, M.Hribar, B.Pucelj, M.Žele, 3. jugoslovanska konferenca o uporabi fizike, Bled 1980, str. 67
2. D.Brajnik, U.Miklavžič, D.Gantar, J.Slivnik, neobjavljeno delo

XI. Jugoslovanski simpozij iz zaščite

pred sevanji

Portorož, 21.-24.4.1981

K. Južnič in M. Graunar

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

SORPCIJA RADIOCEZIJA NA IONSKO IZMENJALNI
KOLONI

Izvleček

Pri sorpciji radiocezija iz določene raztopine na ionsko izmenjalni koloni pride v začetku do formiranja koncentracijskega vala cezija, ki potuje z določeno hitrostjo vzdolž kolone dokler je ne prebije. Potovanje adsorpcijskega vala smo opazovali na koloni $\phi = 18$ mm in dolžine 23,5 cm napolnjeni z izmenjalcem Dowex 50 X8. Ugotovili smo, da je hitrost potovanja tem večja čim slabše je cezij vezan na izmenjalec. Sorpcijo cezija smo opazovali iz 1,0; 0,8; 0,5 in 0,2 M raztopine natrijevega klorida pri temperaturah 20, 30 in 40°C. Kar se tiče širine koncentracijskega vala se je pokazalo, da je ta manjša pri višjih temperaturah, kar si razlagamo z hitrejšimi procesi izmenjave.

Uvod

Pri pretoku raztopine, ki vsebuje sledi ene ionske zvrsti in znatne koncentracije druge skozi ionsko izmenjalno kolono se na začetku izoblikuje koncentracijski val, ki nato potuje z določeno hitrostjo vzdolž kolone dokler je ne prebije. Hitrost potovanja je odvisna od pretoka in od tega kako trdno je snov adsorbirana na izmenjalec. Na obliko koncentracijskega vala to je na njegovo širino vplivajo pretok in

temperatura (1,2,3,4). V toku izmenjave potekajo namreč procesi difuzije od katerih je predvsem difuzija v izmenjalcu počasen proces. Ta predvsem povzroči razširitev vala pri hitrih pretokih, pri počasnih pa je vzrok za razširitev difuzija v raztopini. Zvišanje temperature povzroči povečanje hitrosti difuzije v izmenjalcu zato so širine koncentracijskih valov nižje.

Eksperimentalno delo

Kemikalije:- Uporabili smo močno kisli ionski izmenjalec Dowex 50 X8, 50/100 mesh tovarne Fluka. Natrijev klorid in ostale kemikalije so bile p.a.kvalitete. Kot radiocezij smo uporabili cezijev izotop ^{134}Cs z razpolovno dobo 2,2 leti, ki je beta, gama aktiven z energijama beta $E = 0,65 \text{ MeV}$ in gama $E = 0,605 \text{ MeV}$.

Procedura:- Ravnotežne porazdelitve za cezij smo določili tako, da smo stresali 1 g gračno suhega izmenjalca (0,89 g suhega izmenjalca) z 10 ml raztopine radiocezija v natrijevem kloridu različnih koncentracij pri različnih temperaturah v termostatisiranem stresalniku. Aktivnost raztopine pred in po uravnotečenju smo merili z gama-spektrometrom. Porazdelitveni koeficient za cezij D_r^i predstavlja razmerje aktivnosti izmenjalca proti aktivnosti 1 ml raztopine. Raziskave sorpcije smo izvršili na ionsko izmenjalni koloni $\phi = 1,8$, dolžine 23,5 cm, napolnjeni z ionskim izmenjalcem Dowex 50 X8. Kolona in raztopina sta bili termostatisirani. Aktivnost iztekajoče raztopine smo merili in beležili z rekorderjem v povezavi z gama spektrometrom.

Rezultati in diskusija

Porazdelitveni koeficienti in ravnotežne konstante za cezij so podani v Tabeli 1. Pri tem je ravnotežna konstanta za izmenjavo



razmerje produktov $[\text{RCs}][\text{Na}^+]$ proti $[\text{Cs}^+][\text{RNa}]$ kar je v bistvu produkt $D_R^1[\text{Na}^+]$ pomnožen z faktorjem proporcionalnosti. Ravnotežne konstante bi morale biti pri določeni temperaturi enake vendar se spreminjajo deloma zato ker v njih nastopajo koncentracije namesto aktivnosti, deloma pa zaradi eksperimentalne napake.

Tabela 1. Porazdelitveni koeficienti in ravnotežne konstante pri različnih pogojih.

Temp. °C	Konc. HCl mol/l	D_R^1	K
20	0.2	40.0	8.02
20	0.5	15.7	7.87
20	0.8	10.0	8.00
20	1.0	7.14	7.14
30	0.2	36.8	7.36
30	0.5	14.9	7.45
30	0.8	9.12	7.30
30	1.0	7.05	7.05
40	0.2	37.4	7.48
40	0.5	12.7	6.35
40	0.8	7.32	6.25
40	1.0	6.53	6.53

Kot je razvidno, z naraščanjem temperature porazdelitveni koeficienti padajo, torej je cezij pri višji temperaturi slabše adsorbiran. Bolj izrazit je efekt koncentracije NaCl kjer z naraščajočo koncentracijo porazdelitveni koeficient znatno pade. V manjši meri je porazdelitveni koeficient odvisen tudi od razmerja količine raztopine na g izmenjalca pri uravnoveženju. Pri stresanju 20, 14.2, 10, in 6.65 ml raztopine radiocezija v 1 N NaCl z 1 g izmenjalca smo dobili porazdelitvene koeficiente 7.09, 6.76, 6.60, in 6.20.

Ponašanje radiocezija na izmenjalni koloni je prikazano v Tabeli 2. Navedeni so volumni preboja to je volumni ko doseže koncentracija cezija v iztoku iz kolone polovico ravnotežne koncentracije. Volumni so podani pri različnih koncentracijah NaCl in temperaturah.

Tabela 2. Volumni preboja in širine koncentracijskih valov pri raznih pogojih.

Konc. NaCl mol/l	Temp. C	Vol. preb. ml	Širina vala ml
0.2	30	1280	310
0.5	20	565	135
0.5	30	538	110
0.5	40	528	105
0.8	20	370	84
0.8	30	368	68
0.8	40	345	63
1.0	20	345	48
1.0	30	298	40
1.0	40	290	42

primerjava rezultatov v obeh tabelah kaže tesno povezavo med probojnim volumnom in porazdelitvenim koeficientom.

Iz diagrama reduciranega probojnega volumna ($\hat{V} = V_p/59.6$)

proti D_T^1 sledi naslednja zveza $\hat{V} = 0.606 D_T^1 + 0.5$,

ki omogoča računanje probojnega volumna pri raznih porazdelitvenih koeficientih. V splošnem velja za adsorpcijo iz raztopine na koloni naslednja zveza (2)

$$\frac{K c^0 v}{P} < 1 < \frac{c^0 v}{K P}$$

ki podaja pozicijo koncentracijskega vala v koloni pri določenem volumnu raztopine v , koncentraciji snovi, ki se adsorbira c^0 , ravnotežni konstanti K in pri totalnem nedomestljivem delu ionov na enoto dolžine kolone. Gornji izraz podaja diskontinuirno krivulje adsorpcije, kar bi bilo v primeru če nebi bila prisotna difuzija in transportni procesi v porah med delci izmenjalca. Posledica teh procesov pa je da dobi koncentracijski val obliko, ki je podobna kumulativni krivulji normalne porazdelitve. Širina koncentracijskega vala je podana v Tabeli 2. v obliki standardne deviacije t.j. volumna na katerega odpade 68.4% površine pod krivuljo začenši od sredine med maksimalno in minimalno koncentracijo cezija v raztopini. Kot je razvidno iz rezultatov za širine koncentracijskih valov (σ) v Tabeli 2. so te tem večje čim večji je volumen preboja in čim nižja je temperatura. Pri določenem pretoku (v v našem primeru je bil pretok pri vseh poskusnih okoli 11 ml/min) je čas, da pride koncentracijski val skozi kolono sorazmiren volumnu preboja. V daljšem

pa pridejo koncentracijske spremembe zaradi difuzije bolj do izraza, torej se koncentracijski val razširi. Izmenjava ionov med raztopino in izmenjalcem pa je predvsem odvisna od hitrosti difuzije v delcih izmenjalca. Pri višjih temperaturah je seveda izmenjava hitrejša kar ima za posledico manjše razširitev koncentracijskega vala pri drugače istih pogojih.

Abstract

The adsorption of radiocesium from the solution of NaCl on an ion exchange column filled with Dowex 5c X8 resin has been studied. The break through volume at different conditions and the widths of the adsorption waves were determined. An relation between the break through volume and the distribution ratio for cesium was established.

Literatura

- 1) D. DeVault, J. Am. Chem. Soc. 65, 532 (1943).
- 2) J. E. Walter, J. Chem. Phys. 13, 6, 229 (1945).
- 3) K. Južnič, Vestn. Slov. Kem. Druš. 27, 3, 229 (1980).
- 4) K. Južnič, J. Radioanalyt. Chem. 62, 1-2, 79 (1981).

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.april 1981.

Petar STRUGAR

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

STVARANJE ^{14}C U VAZDUHU USLED NUKLEARNIH EKSPLOZIJA

SADRŽAJ - Rad se bavi izračunavanjem koncentracije i ukupne količine radioaktivnog ugljenika ^{14}C , koga stvaraju neutroni iz nuklearnih eksplozija, a u zavisnosti od vrste eksplozije i udaljenja od njenog centra. Intenzitet i početni spektri neutrona nuklearnih eksplozija preuzeti su iz literature. Pri određivanju neutronske karakteristika u prostoru oko centra eksplozije korišćena je višegrupna interpretacija neutronske fluksa, sa ukupno 27 energetskih grupa. Kao osnov za određivanje grupnih neutronske presjeka poslužila je ENDF/B biblioteka podataka. Rezultati proračuna pokazuju da se u toku eksplozije atomske, hidrogenske ili neutronske bombe jačine jedne kilotone trotila stvori 1.2, 1.4, odnosno $5.7 \cdot 10^{23}$ nuklida ^{14}C , respektivno. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa ukupnom količinom ^{14}C koja je procijenjena na osnovu mjerenja u vazduhu i površinskim slojevima okeana.

1. UVOD

Neutroni koji nastaju tokom nuklearnih eksplozija djeluju na azot u zemljinoj atmosferi tako što stvaraju radioaktivni ugljenik ^{14}C :



Doduše, ^{14}C se stvara pod uticajem i svih drugih neutrona koji se nadju u vazduhu, kao što su neutroni iz kosmičkih zraka (prirodni ^{14}C), neutroni iz nuklearnih reaktora i drugi. Pri dezintegraciji ^{14}C emituju se beta čestice energije 156 eV. Dug život ^{14}C (period poluraspada 5760 godina) i njegovo beta zračenje čine ga jednim od najopasnijih radioaktivnih kontaminanata.

Sav ^{14}C koji nastane u vazduhu ubrzo se pretvori u ugljendioksid. Njega preuzimaju biljke u toku fotosinteze, tako da kasnije dospjeva u žive organizme, a preko njih ponovo u atmosferu. Na taj

način bi se tokom vremena ustalila koncentracija ^{14}C u zemljinoj atmosferi, biosferi i hidrosferi, ali samo pod uslovom da je izvor neutrona konstantan u vremenu, kao što je slučaj za neutrone iz kosmičkih zraka.

Pod uticajem neutrona iz nuklearnih eksplozija, a takodje i nuklearnih reaktora, prirodna ravnoteža ^{14}C je narušena i dugo će takva ostati. Maksimalna koncentracija ^{14}C u vazduhu je zabeležena 1965. godine, kada je za otprilike 100% premašivala prirodni fon. Usled ograničenja vazдушnih nuklearnih eksplozija sadržaj ^{14}C u vazduhu, koji potiče od izvora te vrste, postepeno se smanjuje. On danas iznosi oko 30% prirodne koncentracije ^{14}C , a predviđa se da će do kraja vijeka da padne na 3%. Nažalost, koncentracija ^{14}C kako u vazduhu tako i u čitavom ekosistemu opet će početi da raste zbog naglog porasta broja nuklearnih elektrana. Zbog toga se predviđa da će već krajem ovog vijeka da ponovo znatno premaši prirodni fon /1/.

Navedeni podaci se odnose na vazduh u prosjeku. Medjutim, u blizini izvora neutrona koncentracija ^{14}C je daleko iznad prosjeka, što takodje dovodi do njegovog nadproaječnog sadržaja kod biljaka i živih organizama u neposrednoj okolini oko neutronske izvora. Zato je od interesa da se zna ne samo prosječna koncentracija ^{14}C , već i njena prostorna distribucija. Kako su, za sada, nuklearne eksplozije dominantni veštački izvor nuklida ^{14}C , postoji neosporni interes da se procijeni prostorna raspodjela njegove koncentracije oko takvih izvora neutrona, što je i osnovni cilj ovog rada.

2. NUKLEARNE EKSPLOZIJE KAO IZVORI NEUTRONA

Od vrste i jačine nuklearne bombe zavisi intenzitet i energetski spektar nastalih neutrona u toku njene eksplozije, a slijedstveno tome i intenzitet i energetski spektar neutrona, odnosno koncentracija generisanog ^{14}C , u okolini centra eksplozije.

Za procjene ovakve vrste može se uzeti, kada je atomska bomba (AB) u pitanju, čist fisioni neutronske spektar i pored toga što je on u stvarnosti u i vesnoj mjeri deformisan. Razlog tome leži u činjenici što vjerovatnoća odigravanja reakcije (1) nije pretjerano osjetljiva na energije neutrona u blizini maksimuma fisionog spektra. Iako intenzitet emitovanih neutrona nelinearno zavisi od jačine eksplozije svake nuklearne bombe, može se predpo-

staviti da isti za atomsku bombu iznosi 3.10^{23} neutrona po kilotoni trotilskog ekvivalenta /2/.

Iz istih razloga kao za AB, za neutronske bombe (NB) može se aproksimativno uzeti da svaki nastali neutron na mjestu njene eksplozije ima energiju od 14 MeV. Intenzitet neutrona iz NB takođe nelinearno zavisi od jačine njene eksplozije. Ovdje je, prema /3/, usvojeno da NB generiše 1.1.10²⁴ neutrona po kilotoni trotilskog ekvivalenta.

U slučaju hidrogenske bombe (HB) stvar je nešto komplikovanija. Dok se može pretpostaviti da je broj neutrona nastalih pri eksploziji HB otprilike $2.5.10^{23}$ po kilotoni trotilskog ekvivalenta /2/, dotle početni energetski spektar neutrona jako zavisi od njene jačine, pogotovo od toga koliki je udio fuzione energije u ukupnoj oslobodjenoj energiji, odnosno da li je HB dvofaznog ili trofaznog tipa. Ovdje je, kao u radu /4/, usvojeno da se početni spektar neutrona sastoji od 83% ravnomjerno raspoređenih neutrona u intervalu energija od 12 do 16 MeV, a ostatak u obliku fisionog spektra, mada taj odnos može da bude dosta veći u korist fisionih neutrona. Ho, i pored toga ukupna količina stvorenog ¹⁴C se bitno ne bi promijenila, pošto se veći broj reakcija (1) odigrava u termalnoj i epitermalnoj oblasti energija neutrona.

3. PRORAČUN KONCENTRACIJE ¹⁴C U VAZDUHU

Shodno nuklearnoj reakciji (1) koncentracija ¹⁴C u vazduhu, $k(r)$, je data sledećom relacijom:

$$k(r) = \int_0^{\infty} \phi(r, E) \cdot \Sigma_{np}(E) \cdot dE, \quad (2)$$

gdje je $\phi(r, E)$ neutronska fluks zavisna od energije neutrona (E) i rastojanja do izvora neutrona (r), a $\Sigma_{np}(E)$ makroskopski efikasni presjek za reakciju (1).

U multigrupnoj interpretaciji neutronske fluksa i odgovarajućeg neutronske presjeka, jednačina (2) glasi:

$$k(r) = \int_g \phi_g^S(r) \cdot \Sigma_{np}^g \cdot (E_g - E_{g+1}), \quad (3)$$

gdje je $\phi_g^S(r)$ srednja vrijednost neutronske fluksa integralnog u vremenskom smislu, Σ_{np}^g usrednjeni makroskopski efikasni presjek energetske grupe "g", a E_g i E_{g+1} granice te energetske grupe.

Određjivanje grupnih presjeka (grupnih konstanti), a posebno grupnih neutronske flukseve je problem za sebe. Naime, pored tačnosti mjerenja odgovarajućih mikroskopskih presjeka znatan uticaj na grupne konstante ima i način usrednjenja istih. Smatram da za potrebe ovog rada 27-grupne konstante, date u radu /5/, potpuno odgovaraju.

Na više mjesta u literaturi se mogu naći izvjesni podaci na osnovu kojih bi se eventualno lakše došlo do prostorno-energetske distribucije neutrona nuklearnih eksplozija u vazduhu. Osnovni nedostatak tih podataka je njihova nepotpunost u smislu prekrivanja cijelog energetskog spektra neutrona, a takodje i što se međusobno prilično razlikuju. Zbog toga su ovdje uzeti grupni neutronske fluksevi koji su dobijeni kao medjurezultati prilikom izračunavanja apsorbirane doze neutrona u vazduhu za vrijeme nuklearne eksplozije /6/.

U Tabeli 1 su date izračunate koncentracije ^{14}C na opisani način, u zavisnosti od vrste eksplozije i rastojanja od tih neutronske izvora.

Tabela 1. Koncentracije stvorenog ^{14}C u vazduhu

Rastojanje do izvora (m)	Koncentracija atoma ^{14}C ($10^6 \cdot \text{cm}^{-3}/\text{kt}$)		
	AB	HB	NB
100	810	1400	6500
300	190	260	1100
500	45	50	220
700	12	13	54
1000	1.5	1.4	6.0
1500	0.054	0.051	0.21
2000	0.0017	0.0014	0.0067
Ukupno (10^{23} atoma $^{14}\text{C}/\text{kt}$)	1.2	1.4	5.7

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati, prikazani u Tabeli 1, pokazuju da koncentracija stvorenog radioaktivnog ugljenika ^{14}C u vazduhu, pod uticajem neutrona koji nastaju u toku eksplozije atomske, hidrogenske ili neutronske bombe, jako zavisi od rastojanja do centra eksplozije, a takodje i od vrste eksplozije. Rezultati proračuna ukazuju i na to da je relativno najveći generator radioaktivnog ^{14}C -neutronska bomba.

U pogledu procjene tačnosti dobijenih rezultata moguće je izvršiti neka globalna sravnjenja. Naime, polazeći od ukupne količine stvorenog ^{14}C za vrijeme eksplozije jedne hidrogenske ili atomske bombe (Tabela 1), a imajući u vidu dosadašnja "tonažu" svih vazdušnih i prizemnih nuklearnih eksplozija /7/, može se izračunati totalna aktivnost nastalog ^{14}C u iznosu od $2,4 \cdot 10^{17} \text{Bq}$. Ovaj iznos je približan aktivnosti od $2,15 \cdot 10^{17} \text{Bq}$, koja je procijenjena na osnovu mjerenja koncentracije ^{14}C u atmosferi i površinskim slojevima okeana /8/.

S druge strane, dobijeni rezultati za ukupno generisanu količinu ^{14}C pri eksploziji neutronske bombe (Tabela 1) pokazuju da se 52% svih neutrona koji nastanu u tom trenutku "utroše" na stvaranje ^{14}C . Odgovarajući procenat, dobijen u radu /9/, iznosi 46%.

PRODUCTION OF ^{14}C IN AIR BY NUCLEAR EXPLOSIONS

ABSTRACT - The paper deals with computations of the concentration and total amount of radioactive carbon ^{14}C produced by neutrons of nuclear explosions, depending of their type and distance from the center. Intensities and initial neutron spectra of these explosions are taken from the literature. Neutron characteristics around the explosion center were determined by using multigroup interpretation of the neutron flux with 27 energy groups. The neutron cross-sections were calculated on the basis of the ENDF/B data library. The computed amounts of ^{14}C nuclides formed during the explosions of the atomic, hydrogen and neutron bomb of 1 kt were 1.2, 1.4 and $5.7 \cdot 10^{23}$, respectively. The results obtained are in good agreement with the total amount of ^{14}C estimated on the basis of the measurements in air and ocean surface layers.

REFERENCE:

- /1/ I.J. Vasiljenko i dr.: "Voprosi radijacionoj opasnosti ^{14}C ". Atomnaja energija, tom 49, v.5, 1980.
- /2/ V.I. Kuthevič i dr.: "Zaščita ot pronikajuščej radijaciji jadernogo vzriva". Atomizdat, Moskva, 1970.

- /3/ F.M. Kaplan: "Enhanced Radiation Weapons". Scientific American 238, no.5, 1978.
- /4/ R.H. Karcher: "Neutron Air-Transport Data for the Design of Protective Structures". Nuclear Science and Engineering, Vol. 27, 1967.
- /5/ S.B.Garg: "A 27-Group Cross-Section Set Derived from ENDF/B Library". Bhabha Atomic Research Centre, Report BARC-892, 1976.
- /6/ P. Strugar: "Prostiranje neutrona u vazduhu". VII Kongres MFAS, Budva, 1980.
- /7/ A.N. Marej (red.): "Globalnie vipadenija produktov jadernih vzrivov". Atomizdat, Moskva, 1980.
- /8/ "Radioaktivnije zagraznenija v rezultate jadernih vzrivov" Doklad Naučnogo Komiteta OON po dejstvuju atomnoj radijacii. Dok. A/AG, 82/R, 298, Njujork, 1975.
- /9/ S.Sahin et al.: "Investigation of the protection possibilities against enhanced radiation warhead". Atomkernenergie Kerntechnik, Bd. 35, 1980.

XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Portorož, 21.-24.04.1981.

p.Marković*, Dj.Ristić**, D.Nikezić***

- * Institut "Boris Kidrič" - Vinča, OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja; Institut za fiziku, PMF Kragujevac
- ** Institut "Boris Kidrič" - Vinča, OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja
- *** Institut za fiziku, PMF Kragujevac

DOPRINOS OZRAČIVANJU STANOVNIŠTVA OD ZRAČENJA USLOVLJENOG GRADJEVINSKIM MATERIJALIMA

U radu su prikazana merenja doza od različitih građevinskih materijala. Merenja su vršena u jednoj planinskoj kući na planini Rudnik, u naselju Rudnik i u predelu ležišta rudničkog graništa. Merenja su pokazala da su najvišlje doze u kućama građjenim od granita, nešto manje u kućama od cigala, a u kućama od drveta doze su manje od doza koje potišu od prirodnog fona na tom mestu.

1. U v o d

U zadnjih nekoliko godina naglo je porastao interes detaljnijeg merenja prirodnog fona jonizujućih zračenja i njegovog doprinosa ozračivanju stanovništva (1). To je uslovljeno kako potrebama povezanim sa uvodjenjem nuklearne energije, tako i zbog činjenice da izgleda da je ukupan doprinos broju malignih oboljenja koji dolazi od prirodnog fona zračenja daleko veći nego što se to ranije mislilo,

U nizu zemalja posebna pažnja se posvećuje izmenjenom prirodnom fonu gde pod tim podrazumevamo izmene u prirodnom fonu, koje nastaje čovekovom delatnošću. Korišćenje materijala koji sadrže radio-aktivne elemente u građevinske svrhe je jedan od najvažnijih primera te izmene prirodnog fona.

U Institutu "Boris Kidrič" - Vinča, u laboratoriji za zaštitu od zračenja, u okviru projekta "Zaštita od zračenja", kao i u Institutu za fiziku PMF-Kragujevac, u okviru projekta sa Regionalnom zajednicom nauke, započet je rad na detaljnijem ispitivanju tucaja građevinskih materijala, ugrađenog u stambene i druge zgrade, na izloženost zračenju stanovništva SR Srbije, (2.3). U ovom izveštaju o napredovanju,

dajemo, skraćeno, početne rezultate ispitivanja.

2. EKSPOZICIONE DOZE U JEDNOJ KARAKTERISTIČNOJ STAMBENOJ ZGRADI

Da bi na konkretnom primeru pokazali da doze koje su uslovljene građevinskim materijalima ne samo da nisu zanemarljive već mogu da budu i znatne, izabrali smo jednu prilično usamljenu seosku kuću, u blizini planine i naselja Rudnik. Sama kuća je izgrađena od rudničkog granita (prizemlje) i cigle (sprat).

Ekspozicione doze od fona u predelu gde je izabrana kuća locirana je izmerena u više tačaka na dovoljnoj udaljenosti od same zgrade. Izmerene vrednosti u različitim tačkama ne pokazuju merljive varijacije, a jačina ekspozicione doze od fona X_f , iznosi $\bar{X}_f = 860$ fC/kgS.

Jačina ekspozicione doze izmerene kontaktno uza zid od granita iznosi 1,397 pC/kgS. Povećanje u odnosu na fon u toj tački je, dakle 537 fC/kgS. Jačina ekspozicione doze opada sa udaljavanjem od zida, kao što je to prikazano na grafiku 1. U prostorijama u prizemlju, čiji su zidovi sa dve strane od granita a sa druge dve strane od cigle, jačina ekspozicione doze iznosi, usrednjeno uzev, oko 1,36 pC/kgS, dok u prostorijama na spratu ta vrednost iznosi oko 1,21 pC/kgS.

U zaključku razmatranja ovog slučaja može se bez detaljnije analize, reći da je povišenje doze izlaganja ljudi koji žive u ovoj kući izabrano izborom građevinskih materijala znatno, i iznosi oko 40% u odnosu na prirodni fon mesta gde oni žive.

3. MERENJE JAČINE EKSPOZICIONIH DOZA U NASELJU RUDNIK

Naselje Rudnik je izabrano zbog specifičnosti kako lokacije, tako i korišćenog građevinskog materijala od koga su napravljene stambene i druge zgrade. Srednja vrednost fona u samom naseljenom mestu je 645 fC/kgS, mereno na visini 1 m od tla. Merenja su vršena u velikom broju zgrada. U tabeli 1. je dato samo nekoliko ilustrativnih slučajeva dok će detaljni rezultati biti dati u posebnoj publikaciji. U tabeli \bar{X}_m predstavlja srednju vrednost jačine ekspozicione doze u naznačenoj prostoriji, a $\bar{X}_m - \bar{X}_f$ - razliku između izmerene vrednosti u datoj prostoriji i jačine ekspozicione doze od prirodnog fona.

TAB.br.1. JAČINA EKSPOZICIONIH DOZA U NEKOLIKO MERNIH TAČAKA
(PROSTORIJA) U NASELJU RUDNIK

Prostorija	\bar{X}_m (fC/kgS)	$\bar{X}_m - \bar{X}_f$ (fC/kgS)	Primedba
M ₁	610	-35,8	zidovi prostori- je od drveta
M ₂	860	215	zidovi od cigle
M ₃	580	-57,3	zidovi od armira- nog betona iznut- ra obloženi drve- tom
M ₄	917	272	zid od cigala
M ₅	1182	573	zidovi od granita
M ₆	1254	610	zidovi od granita

U okviru ovih merenja vršena su i merenja u predelu gde se nalaze ležišta rudničkog granita. Rezultati su dati u tabeli 2.

TAB.2. MERENJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE FONIA U PREDELU LEŽIŠTA
GRANITA

Merna tačka	Jačina ekspozicione doze (fC/kgS)
1. U blizini kamenoloma	920,44
2. U kamenolomu prilično otvorenom	1370
3. Unutar kamenoloma zidovi sa dve strane	1720

4. DALJI RAD NA ZADATKU

Izloženi početni rezultati ukazuju da rad na ovom problemu treba nastaviti i ubrzati. U narednom periodu, sve do kompletiranja, biće radjeno na:

- merenju jačine ekspozicionih doza koje potiču od građevinskih materijala,
- procena, kao i razvijanje računskih metoda (Monte Karlo i druge) za tu procenu izloženosti stanovništva SR Srbije tim dozama
- identifikacija i utvrđivanje specifične aktivnosti radioaktivnih nuklida u pojedinim građevinskim materijalima,
- povezivanje ovih podataka sa relevantnim podacima za procenu radijacionog rizika stanovništva.

A B S T R A C T

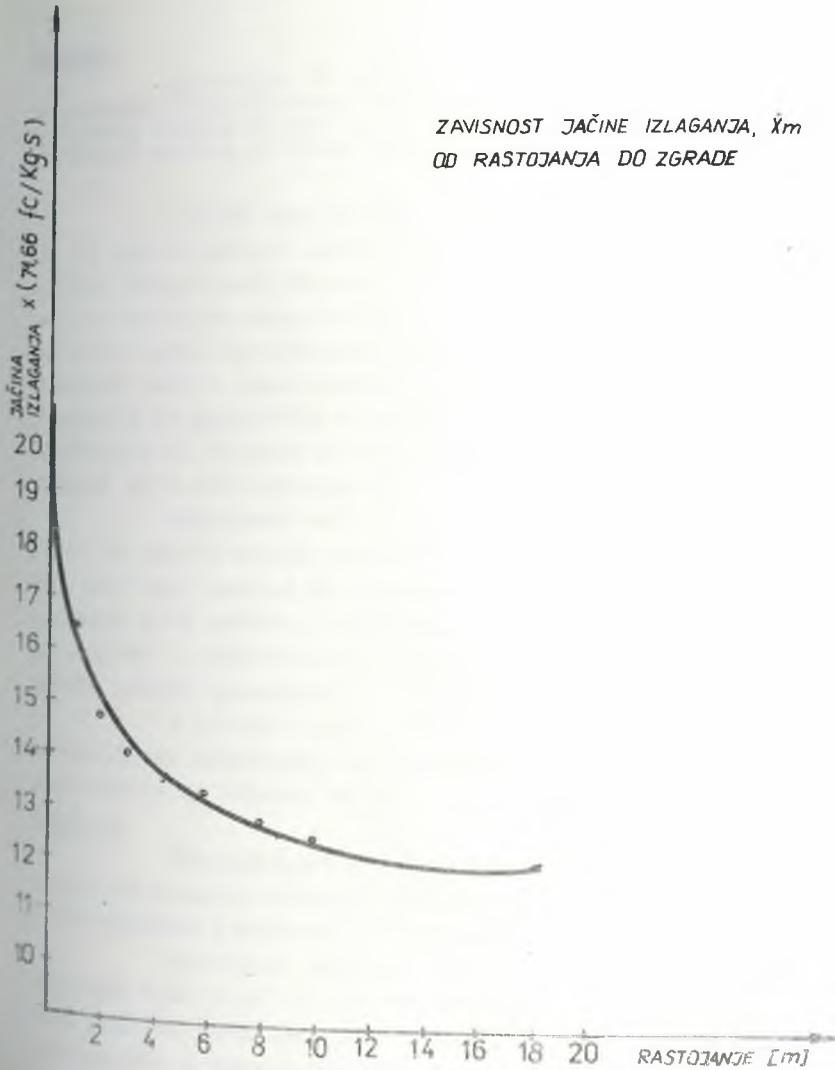
CONTRIBUTION TO THE POPULATION EXPOSURE TO RADIATION DUE TO BUILDING MATERIALS

Results of the Radiation exposure measurements due to building materials are given. They show that contribution to the population exposure due to this radiation might in some cases be considerable.

REFERENCE

1. Ionizing Radiation: Levels and Effects
A report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly with annexes.
2. Izveštaj po projektu "Zaštita od zračenja", Zajednice nauke SRS, januar 1981.
3. D. Nikezić, Nivoi i doze koje potiču od prirodnih radionuklida i nuklida stvorenih atmosferskim nuklearnim eksplozijama; Interna publikacija Instituta za fiziku PMF - Kragujevac, Maj, 1980.

ZAVISNOST JAČINE IZLAGANJA, \bar{x}_m
OD RASTOJANJA DO ZGRADE



XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

D. Patić, R. Smiljanić i D. Stojanović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
OOUR Instituta za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

KLASE STABILITETA I PRIRODNA RADIOAKTIVNOST VAZDUHA

Rezime

Za period od dve godine određene su klase stabiliteta na osnovu Pasquill-ovog kriterijuma i na osnovu koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola na 3m iznad tla. Dobijeno je dobro slaganje metoda za stabilne meteorološke uslove.

Veliki broj autora pokušao je da definiše parametre koji bi kvantitativno određivali meteorološke uslove u prizemnom sloju. Najprihvatljivije kriterijume dao je Pasquill, koji je u radio različite metode ocene potrebnih parametara na jedan fleksibilan način korišćenjem kako podataka standardnih meteoroloških merenja tako i specijalnih merenja, ako se njima raspolaže. Pasquill je predložio klasifikaciju stabiliteta prizemnog sloja vazduha u 7, odnosno 6 kategorija nazivajući ih početnim slovima azbuke od A do G odnosno F.

Postojeći uslovi za vertikalnu difuziju mogu se proceniti i na osnovu drugih parametara koji nisu meteorološke promenljive, ali koji zavise od meteoroloških uslova i čija promena prati promenu ovih uslova. Ispitivanje vremenskih varijacija koncentracija radona i njegovih produkata raspada u prizemnom sloju vazduha pruža velike mogućnosti u ovim procenama.

U okviru ovoga rada biće prikazane mogućnosti procene stabiliteta prizemnog sloja vazduha na osnovu nivoa prirodne radioaktivnosti na visini od 3m.

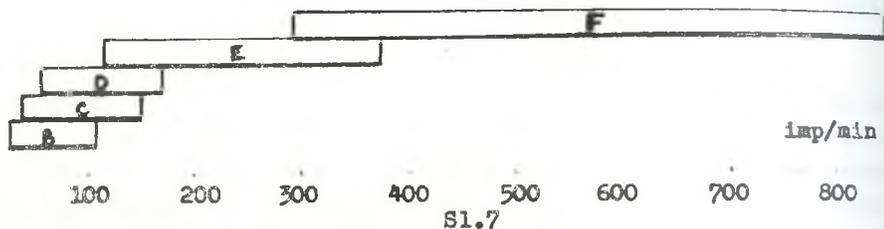
Analiza

Kategorizacija stabiliteta na osnovu standardnih i specijalnih merenja meteoroloških parametara izvršena je za svaki sat u vremenskom intervalu od dve godine (1969., 1970.)

Rezultati dobijeni ovom kategorizacijom prikazani su na slikama 1-6, i to za svaki sat u svakom mesecu. U celom ispitivnom periodu određeno je ukupno 17520 termina. Najnestabilnija kategorija - kategorija A je veoma malo zastupljena, javlja se

samo sredinom dana u letnjim mesecima. Kategorija B je izrazito malo verovatna u zimskom periodu. Kategorija C javlja se u toku cele godine. Kategorija D karakterističnija je za hladni period godine nego za topliji. Kategorija E javlja se uglavnom u kasnim jutarnjim i ranim večernjim časovima, a kategorija F najzastupljenija je noću.

Za isti vremenski interval i istu lokaciju, na osnovu podataka o koncentracijama prirodne radioaktivnosti za svaka dva sata i izvršene kategorizacije stabilnosti preko meteoroloških parametara, određene su srednje vrednosti koncentracija za pojedine kategorije kao i odgovarajuća standardna odstupanja, uzimajući u obzir da je raspodela koncentracija logaritamski normalna. Ovi podaci prikazani su na sl.7



Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da postoji mogućnost da se na osnovu merenja radioaktivnosti razdvoje stabilne kategorije E i F, dok to nije moguće za neutralnu kategoriju i nestabilne kategorije. Na nemogućnost razdvajanja nestabilnih kategorija ovom metodom uticale su svakako i veće greške merenja nižih koncentracija prirodne radioaktivnosti, koje se javljaju pri nestabilnim uslovima u prizemnom sloju vazduha.

Na osnovu srednjih vrednosti koncentracija za kategorije F, E i kategorije nestabilnije od E uzete zajedno, izvršena je ponovna kategorizacija za 7535 termina, prema 68% intervalu poverenja (sl.7). Ispitivano je slaganje ovako izvršene kategorizacije i kategorizacije ranije izvršene na osnovu meteoroloških parametara. Dobijeni su sledeći rezultati:

- Kategorija F je na osnovu aktivnosti određena u 1875 slučajeva. Od toga je prema kategorizaciji na osnovu meteoroloških parametara 75,5% bilo F kategorija, 18,8% E kategorija, a 5,4% su bile manje stabilne kategorije.
- Kategorija E određena je u 2027 slučajeva. Od toga je na osnovu meteoroloških parametara 34,8% bila kategorija E, 14,5% kategorija

F, a 50,7% manje stabilne kategorije i to u najvećoj mjeri neutralna kategorija D čak u 73% slučajeva.

c) Manje stabilne kategorije od kategorije E određene su u 3633 slučajeva. Od toga je prema meteorološkim podacima 90,5% bilo u tim kategorijama, 8,6% bilo je u kategoriji E a 0,9% u kategoriji F.

Zaključak

Koreliranjem dve metode za kategorizaciju stabiliteta u prizemnom sloju vazduha ukazuje da se i pored određenih razlika koje se dobijaju, kategorizacija preko koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola može koristiti. Ovo posebno zato što je najbolje slaganje dobijeno za kategoriju F, koja je najnepovoljnija sa aspekta zagađenja atmosfere pošto pogoduje nagomilavanju kontaminata u prizemnom sloju vazduha.

Abstract

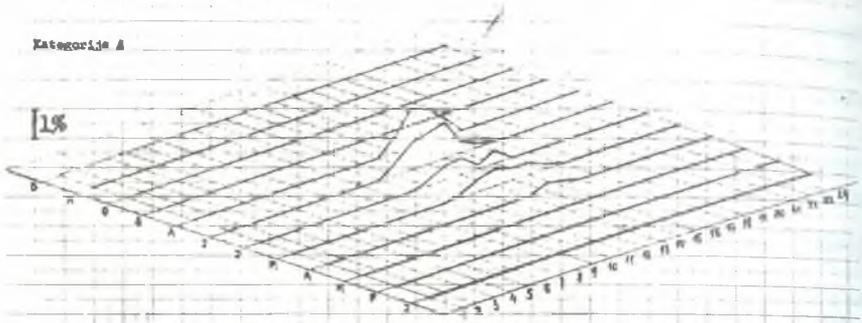
For the period of two years the stability classes were determined using the Pasquill's method as well as the method based on the radioactive aerosol concentration measurements. For the stable conditions in the ground layer atmosphere good agreement was obtained.

LITERATURA

1. L.W.Carter, Environmental Impact Assessment, Mc Graw-HILL Book Company, New York 1977
2. R.K.Jain, L.V.Urban, G.S.Stacey, Environmental Impact Analysis, Van Nostrand Reinhold Company, New York 1977
3. F.Pasquill, Atmospheric Diffusion, D.Van Nostrand Company LTD, London 1962.

Kategorije A

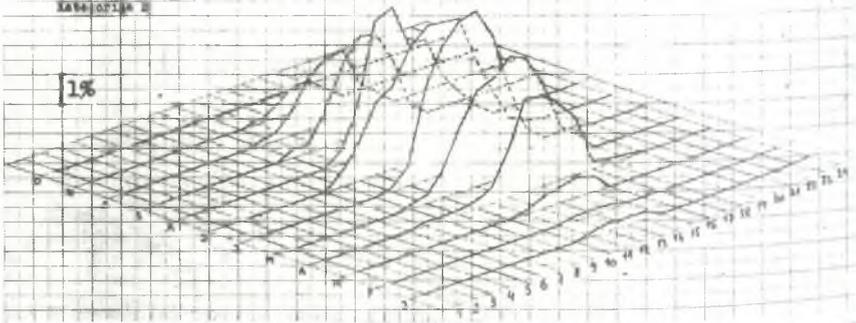
1%



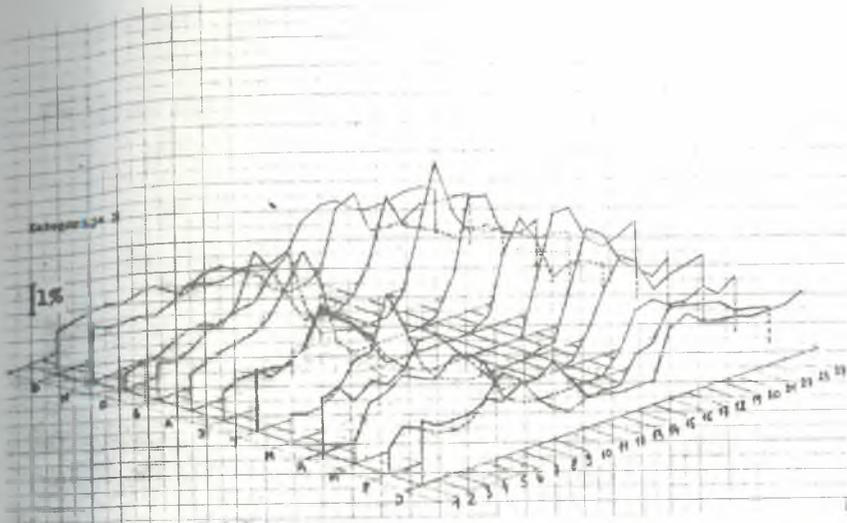
Sl.1 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti A u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)

Kategorije B

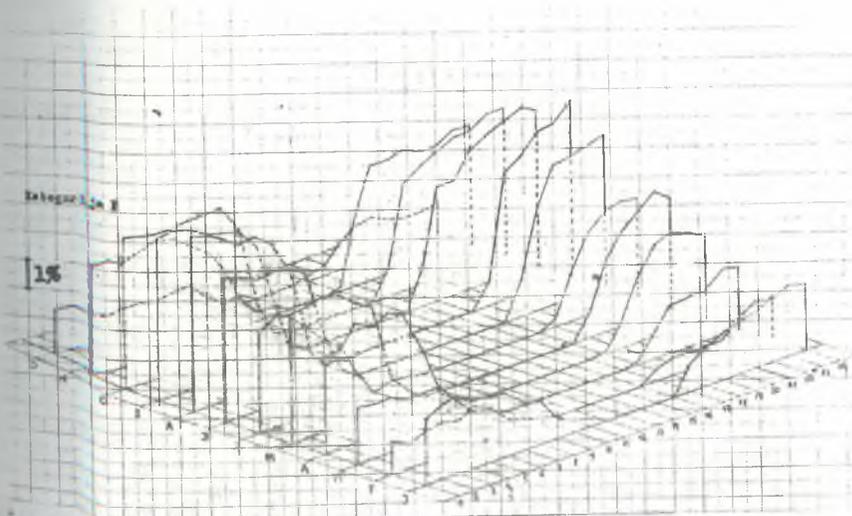
1%



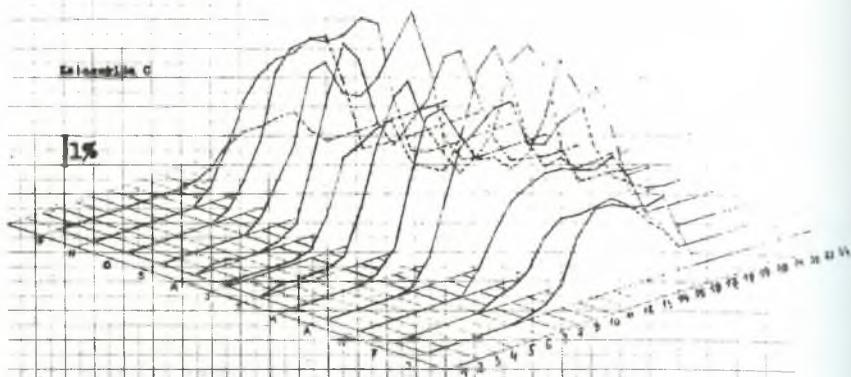
Sl.2 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti B u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)



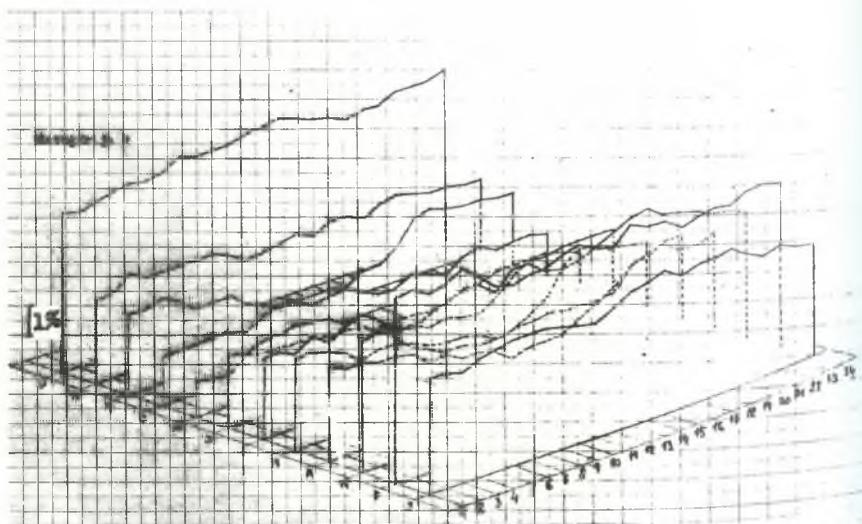
Sl.5 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti E u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)



Sl.6 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti F u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)



Sl.3 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti C u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)



Sl.4 Frekvencija pojave kategorije stabilnosti D u određeno vreme dana po mesecima (dvogodišnji period)

II. Simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21- 24 april 1981. godine

JONSKO STANJE U PRIZEMNOM SLOJU ATMOSFERE

R.G.Radovanović, M. Džambasević

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta
Beograd

Kratak sadržaj: U ovom radu dat je kratak pregled osnovnih problema koji su povezani sa jonskim stanjem prizemnog sloja atmosfere u radnoj i životnoj sredini. U toku dužeg perioda vršena su merenja koncentracija pozitivnih i negativnih jona, pritiska temperature i relativne vlažnosti u 42 različita slučaja zatvorenih prostorija i u 48 slučajeva otvorenog prostora na teritoriji Beograda u različitim sezonama.

Vrednost koeficijenta unipolarnosti u zatvorenim prostorijama iznosi i do 3,8, dok je za otvorenac prostoru vrednost te veličine u Beogradu do 1,9. Respektivne vrednosti koeficijenta unipolarnosti jona na Zlatiboru su 1,8 i 1,2.

UVOD

Inhalirani joni iz prizemnog sloja vazduha dovode do pobuđivanja površina disajnih puteva, receptora, epitela, kao i do povećane aktivnosti disajnih fermenta(1).

(2). Inhalirani joni utiču na stanje centralnog nervnog sistema

Male koncentracije jona utiču na brzinu rasta biljaka(3), na povećanje biomase, intenziteta disanja i sadržaja pigmenta.

Po mnogim autorima jonizovan vazduh ima baktericidno dejstvo (4,5,6).

Visoke koncentracije lakih jona u prizemnom vazduhu dovode do depresivnog dejstva na žive organizme (6). Koncentracija teških jona od oko 10^{-3} cm⁻³ ima toksično dejstvo na ljudski organizam.

U svakom slučaju sa udahnutim jonima unosi se određena količina elektriciteta u čoveka, a samo njihovo prisustvo u vazduhu uslovljava naelektrisanje otkrivenih delova tela. Negativno naelektrisanje "svojestveno" je zdravom tkivu, pa njegovo povećanje dovodi do stimulacije(7).

Biološko dejstvo inhaliranih pozitivnih i negativnih jona je suštinski različito. Tako npr negativni jon kiseonika koji je udahnut predaajući sveje "-" naelektrisanja stupa u hemijske procese povećavajući oksidacione funkcije tkiva zasićenih kiseonikom. Dakle, negativni joni povećavaju aktivnost metaboličkih procesa u organizmu (7). Pozitivni joni deluju suprotno.

Pri kontaktu sa tkivima bronha, bronhiola i alveola negativni inhalirani joni povećavaju naelektrisanje tih tkiva. Pod uticajem svih jona normalizuje se sadržaj ferernih elemenata krvi, normalizuje se vreme zgrušavanja krvi, javlja se opšte sedativno dejstvo, normalizuje se san.

Još 1953. godine bilo je poznato (8,9) da čovek i životinje mogu samo ograničeno (relativno kratko) vreme da ostanu u životu u zoni sa dejonizovanim vazduhom.

METODA ISPITIVANJA

Za merenje koncentracije jona u vazduhu korišćen je jonometar MGK-01 BN- 208310 koji radi na aspiracionom principu.

Aparatura je podešena za merenje koncentracija lakih jona oba znaka.

Uporedo sa merenjem koncentracija mereni su atmosferski pritisak, temperatura i relativna vlažnost.

U periodu od 1978 do kraja 1980. godine izvršeno je oko 1300 merenja u zatvorenim prostorijama pod različitim higijenskim uslovima (veličina prostoriije, prisutnost ljudi, uslovi ventilacije, uslovi klimatizacije itd).

Ispitivanja na otvorenom prostoru vršena su sezonski na 7 mernih tačaka (u svakoj sezoni 12-16 merenja na jednom mestu), koje su karakteristične po opštoj higijenskoj situaciji vazduha.

REZULTATI ISPITIVANJA

U ovoj fazi rada na ovom problemu poklonjena je pažnja samo iveresnom broju pojava koje utiču na jonsko stanje prizemnog sloja vazduha, i to :

A) Rekombinacija pozitivnih i negativnih jona

Ova pojava definisana je brzinom rekombinacije, koja je za prost slučaj bimolekularne rekombinacije funkcija koja se može napisati kao :

$$- \frac{dn^+}{dt} = - \frac{dn^-}{dt} = \alpha n^+ n^-$$

gde su n^+ i n^- koncentracije pozitivnih, odnosno negativnih jona u va zduhu.

Pri normalnom atmosferskom pritisku koeficijent rekombinacije (u relativno malo zagadjenom vazduhu) je

$$\alpha = T^{-3/2}$$

Za slučaj promenljivog atmosferskog pritiska (P_a) i temperature (K) ovaj koeficijent je

$$\alpha = 1,8 P/T^{5/2}$$

Za lake jone sa brzinama nastajanja (jona. $m^{-3} s^{-1}$) datim kao R^+ i R^- koeficijent rekombinacije u prizemnom sloju vazduha iznosi

$$\alpha = \frac{(R^+ R^-)^{1/2}}{(n^+ n^-)}$$

B. Srednja dužina života jona u vazduhu

Ova veličina zavisi od vrednosti koeficijenta rekombinacije, tako da je

$$t = 1,67 \text{ dex } (-5) / d$$

C. Koeficijent unipolarnosti

Ova veličina definisana kao

$$q = n^+ / n^-$$

detalno je opisana u nekim našim ranijim radovima (10,11).

Vrednost ove veličine u nezagadjenom vazduhu kreće se od 1,1 do 1,2. Višak pozitivnih jona u prizemnom sloju atmosfere uslovljen je njihovim kretanjem ka površini zemlje, kao i zbog veće pokretljivosti negativnih jona zbog dobro poznatih procesa.

Naša ispitivanja pokazuju da pri povećanju jačine električnog polja u prizemnom sloju vazduha raste koncentracija pozitivnih jona. Kako se jačina električnog polja menja sezonski na datoj lokaciji tako se menja i koeficijent unipolarnosti jona.

Sa ovom promenom slede i mnoge biološke posledice. Odavno je poznato da efekti dejstva bilo kog fizičkog faktora na žive organizme zavise od periodičnosti njihove funkcionalne aktivnosti.

Jedan od značajnih izvora jona u prizemnom sloju vazduha je prirodni "radijacioni fon". Sva naša dosadašnja ispitivanja su pokazala da postoji jasna periodičnost ove veličine, kako u toku dana tako i u toku godine.

Imajući u vidu značaj apsorbovane energije alfa zračenja radona i potomaka po jedinici mase prizemnog sloja vazduha mi smo nedvosmisleno utvrdili (kao i za toron i njegove potomke) da se ova veličina menja kao sinusna funkcija u toku godine. Naravno, na ekscese u toj funkciji (ili bolje reći na fluktuacije koje su karakteristične za tu funkciju) utiče na datoj lokaciji niz faktora. Jedan od takvih faktora je visina padavina koja eksponencijalno smanjuje tzv "skrivenu energiju" alfa zračenja radona i potomaka ili torona i potomaka u prizemnom sloju vazduha.

ZAKLJUČAK

Jensko stanje u prizemnom sloju atmosfere reprezentuje čitav niz parametara koji su od bitnog interesa za čoveka. Nama se čini da se ispitivanjem ove veličine može doći do dosta važnih pokazatelja od interesa za dublje razumevanje odredjenih stanja u kojima čovek živi. Pored toga, što se ovim ispitivanjima dobijaju podaci o opštoj higijenskoj situaciji vazduha, veoma je verovatno da se sistematskim radom mogu dobiti i neki odgovori vezani za problem periodičnosti, pa i periodičnosti radioosetljivosti čoveka.

LITERATURA

1. Dimitriev M.T. : „Priroda“ T.5. s. 111 (1972)
2. IBID : s 167
3. Čiževskiy A.L. : Rukovodstvo po primeneniju ionizirovanogo vazduha. Moskva, Gosplanizdat (1959)
4. Vasiljev L.L. : Teorija i praktika lečenja ionizirovanim vazduhom. Medgiz (1951)
5. Portonev F.G. : Aeroioni i ih primenenie. Riga, ANLSSR (1961)
6. Šandala M.G. : Ionizacija vazduha kak neblagoprijatnij faktor vnešnej sredi . "Naukova dumka" (1974)
7. Obrosova A.N. : (Red) Spravočnik po fizioterapii. Moskva, "Medicina" (1976)
8. Vasiljev L.L. : Teorija i praktika lečenja ionizirovanim vazduhom. Iz-dvo Leningr. univerz. (1953)
9. Davidov P.M. : Problemi fiziologičeskogo dejstvija i terapičeskogo primenenija aerojonov. AN L SSSR (1959)
10. Radovanović R, Džambasević M. : Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu. X. Simpozijum JDZZ. (1979)
11. Džambasević M., Radovanović R. : Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu na Zlatiboru. Zbornik radova VA 6/1980 s 239-246 (1980)

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24.4. 1981

Bek-Uzarov Dj. i J. Simonović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

DIFUZIJA RADIONUKLIDA ^{137}Cs IZ BIOSFERE

Nerenja aktivnosti ^{137}Cs sadržanog u ljudskom telu na širem području Beograda pokazuju da je vreme poluoslobadjanja ovog radionuklida nešto manje od 4 godine. Ravnotežna koncentracija

^{137}Cs u celoj biosferi bi trebalo da prati njegovu konstantnu raspada i u ljudskom telu. To navodi na misao da postoji defekt ili difuzija radionuklida ^{137}Cs iz biosfere, što se u ovom radu razmatra. Konstanta difuzije radionuklida je karakteristična konstanta za dati geografski položaj i može da bude zavisna od promena meteoroloških uslova.

Uvod

Postoje brojna merenja aktivnosti koja se prate po skoro svim radionuklidima, bilo da su poreklom iz prirode, bilo da su iz proizvodnje koju je organizovao čovek. U prvu grupu spadaju radionuklidi koji se nalaze u prirodi od samog stvaranja sveta, pa su zbog sveg dugog perioda poluraspada još uvek prisutni, kao što je, napr. ^{40}K ili neki drugi članovi radioaktivnih nizova, kojih ima pe koncentracijama znatno manjim u biosferi, te se ovde ne uzimaju u obzir. Posebnu grupu čistih beta emitera čine ^3H i ^{14}C . Oni su se stvarali u poznatim nuklearnim reakcijama bombardovanjem česticama iz kosmosa u stratosferi, pa se tokom milenijuma stvorila ravnotežna koncentracija tih radionuklida. Zahvaljujući toj ravnoteži u biološkim organizmima, dakle u biosferi, postavljena je metoda za određivanje starosti bioloških sistema. Zatim je čovek posle drugog svetskog rata počeo da vrši eksplozije nuklearnog oružja, koje su unosile po celoj zemlji razne radionuklide i tako definitivno narušile milenijumsku ravnotežu prisutnih radionuklida i u biosferi.

Zbog toga od tada pa još i za dugi period vremena neće važiti postavljeni uslovi za mernu metodu određivanja starosti kao i druge metode. Da bi se mogle donekle prevazići teškoće i postaviti određene sanacione relacije, potrebno je da se utvrdi količina radionuklida u celoj biosferi, tako da se u svakom trenutku vremena zna kolika je koncentracija datih radionuklida, za sve vreme dok peremećaj traje. To bi omogućilo da se procene dva važna čim

njenice. Prvo, koliki je rizik od tih radionuklida i stepen eventualnog oštećenja kojem je čovek, živeći na zemlji pod tim uslovima, sam sebi naneo. Drugo, diferencijalna evidencija za svaku vrstu organizma u biosferi bi dala mogućnost obračuna pojedinačnih fenomena koji su se mogli dogoditi i uspostavila korekzione faktore za ranije obračune, kao što je bila metoda za određivanje starosti. i sl. Taj deo delatnosti ljudskog društva spada u sanacioni deo poslova, koji imaju za cilj da spasu od uništenja ono što je bilo u opasnosti.

Bilo je ranije primećeno da u svim merenjima sadržaja radionuklida u živim organizmima koncentracija radionuklida opada različitim brzinama.

Mnoga merenja aktivnosti iz biosfere navode na različite zaključke u vezi sa kretanjem radionuklida, što je dosta shvatljivo, s obzirom na složenost puteva i povratnih sprega kojim je čitava biosfera uvek bogatija od očekivanih. Medjutim, primećeno je da postoji efekat fizičkog napuštanja-difuzije radionuklida ^{137}Cs , koji se u ovom radu tretira isključivo sa aspekta merenja sadržaja količine radionuklida u ljudskom telu.

Sadržaj radionuklida u ljudskom telu i u biosferi

U jednom ranijem radu ⁽¹⁾ bilo je pokazano da je za vreme . . od 1970. do 1980. godine, u kome je meren sadržaj ^{137}Cs , period poluslobadnjaja čovečijeg tela od ^{137}Cs dug, $T_{1/2} = (117 \pm 13) \text{ Ms}$, što u odnosu na fizičko vreme poluraspada je za oko osam puta kraće.

Poznato je takodje da su količine radionuklida koje su zbog svog dugog perioda poluraspada, kao ^{40}K , u biosferi pa i čovečijem telu konstantne. Živeo

Kada bi čovek zajedno sa celim biosvetom u jednom fizički zatvorenom sistemu, onda bi posle određenog vremena nakon kontaminacije tog sveta došlo do ravnoteže koncentracije; naravno ako bi fizički period poluraspada radionuklida bio znatno duži od vremena potrebnog za homogenizaciju. Koncentracija radionuklida u čovečijem telu bi bila proporcionalna koncentraciji tog radionuklida u biosferi, odnosno pratila bi konstantu fizičkog raspada, kao što je to slučaj sa ^{40}K .

Kako je poznato, osnovna diferencijalna jednačina radioaktivnog raspada ima oblik:

$$\frac{dN}{dt} = - \lambda N,$$

(1)

gde je dN/dt brzina raspadanja radionuklida kojih ima N u datom radioaktivnom izvoru i λ konstanta raspada. Broj N predstavlja broj

broj atoma koji mora za sve vreme posmatranja biti prostorno u istim uslovima, u svakom od uzastopnih merenja. Merenje aktivnosti u čovečijem telu dalo bi, ako se ima u vidu pomenuta činjenica, da je konstanta raspada znatno veća, što je fizički nemoguće, pa se nameće zaključak da postoji defekt u veličini N (broju prisutnih radionuklida) u ljudskom telu. Ako se dopusti pretpostavka da koncentracija ^{137}Cs u ljudskom telu prati koncentraciju tog radionuklida u njegovoj neposrednoj biosferi, što bi se moglo dopustiti s obzirom na njegov relativno dug period poluraspada, onda se može konstatovati da postoji defekt - gubitak atoma tog radionuklida u intervalima između uzastopnih merenja ispitanika iz populacije. Taj gubitak je proporcionalan s gubitkom ^{137}Cs u biosferi. Drugim rečima pretpostavlja se da postoji konstantni gradijent koncentracije ^{137}Cs u biosferi. To dovodi do zaključka da veličina N nije konstantna već se ona smanjuje proporcionalno sa veličinom faktora nestajanja - difuzije ^{137}Cs iz biosfere.

Dinamika ^{137}Cs bi bila sledeća. Iz stratosfere dolazi posle nuklearnih eksplozija i s padavinama zasipa biosferu, koja svojom semipropustljivošću jedan deo atoma zadržava, a drugi deo putem fizičko-hemijskih i meteoroloških mehanizama napušta biosferu. Neka je tada broj fizički prisutnih atoma u biosferi N_f , njihova konstanta raspada λ_f , broj atoma koji napustio biosferu N_b i konstanta (verovatnoća) napuštanja tih atoma, tada se umesto jednačine (1) može napisati:

$$\frac{d(N_b)_t}{dt} = \lambda_f(N_f)_t - \lambda_b(N_b)_t, \quad (2)$$

gde veličina $(N_f)_t$ označava veličinu fizički prisutnog broja atoma datog radionuklida u trenutku vremena t . Gornja jednačina predstavlja jednačinu defekta radionuklida i može da prikaže u toku vremena jednačinu difuzije. Sama veličina $(N_f)_t$ nije konstantna i može se izraziti relacijom:

$$(N_f)_t = (N_f)_0 e^{-\lambda_f \cdot t}, \quad (3)$$

koja se dobija integracijom jednačine (1). Pri tome se pretpostavlja da je $(N_f)_0$ broj radionuklida fizički prisutan na početku vremena kada je $t=0$, tj. u trenutku kontaminacije biosfere. Smenom jednačine (3) u jednačinu (2) dobija se diferencijalna jednačina

$$-\frac{d(N_b)_t}{dt} = \lambda_f(N_f)_0 e^{-\lambda_f t} - \lambda_b(N_b)_t, \quad (4)$$

čije rešenje (sa analogijom za složeni raspad daje

$$(N_b)_t = \frac{\lambda_f}{\lambda_b - \lambda_f} (N_f)_0 (e^{-\lambda_f t} - e^{-\lambda_b t}) + (N_b)_0 e^{-\lambda_b t} \quad (5)$$

Za izračunavanje broja (N_b) atoma u trenutku kontaminacije koristi se samo prvi sabirak s desne strane jednačine (5) jer je drugi jednak nuli, tj. $(N_b)_0 = 0$, ako nije bilo prethodne kontaminacije, što bi problem unekoliko postao složeniji.

Imajući u vidu dobijene vrednosti za aktivnost ^{137}Cs , tj. iz navedenih vrednosti za $T_{1/2}$ fizičkog i T_0 1/2 vremena poluoslobadjanja radionuklida nalazi se pretpostavljena vrednost difuzije, koja se upoređuje s drugim vrednostima

Zaključak

Iz merenja aktivnosti u ljudskom telu za duži period vremena navedena neravnoteža, koja se pretpostavlja kao faktor difuzije radionuklida izvan ljudskog tela, odnosno biosistema iz neposredne okoline čoveka.

Prihvata se sledeća dinamička slika kretanja ^{137}Cs . Pomoću poznatih mehanizama ^{137}Cs dolazi iz stratosfere i kontaminira biosferu, koja se ponaša kao semipermeabilna membrana, tako da jedan deo radionuklida zadržava i uvodi u svoj biociklus, a drugi deo ispušta izvan biociklusa za sve vreme njegovog postojanja u biosferi.

RADIONUCLIDE ^{137}CS DIFFUSION IN BIOSPHERE

The measurements of the total body activity of radionuclide ^{137}Cs , using Whole body counter, are made during many years and they shown that the half-life of ^{137}Cs is some lower than 4 years. In the case of equilibrium of ^{137}Cs concentrations in biosphere and this value have to be nearly the physical value of the half-life. This meaning leads to the conclusion of some diffusion effects of ^{137}Cs from biosphere. The diffusion constant is a characteristic constant for a certain geographical region and may be function of the local meteorological conditions.

Literatura

1. Bek-Uzarov Dj., J.Simonović i Djukić Z.: Opadanje sadržaja ^{137}Cs u ljudskom telu kao rezultat obustavljanja nuklearnih eksplozija u otvorenoj atmosferi. Zbir. radova Jugosl.društva za zašt.od zračenja, Arandjelovac, 1974, 385-388.
2. I Draganić i sar.: Radioaktivni izotopi i zračenja, Naučna knjiga, Beograd, 1968.
3. F.W.Spiers: Radioisotopes in the human body, Academic Press, New York, 1968.

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.4.1981

Sava S. Milojević*

Radoslav G. Radovanović**

*Institut za fiziku - Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

**Institut za biofiziku-Medicinski fakultet, Beograd

PRILOG ISTRAŽIVANJU ZAVISNOSTI SPECIFIČNE BETA AKTIVNOSTI
VODE OD ENORMNO VISOKIH PDAVINA

Kratak sadržaj

Eksperimentalni podaci o beta aktivnosti jezerske vode u danima bez padavina, kao i u danima posle enormno visokih padavina omogućili su nam da postavimo relaciju koja povezuje veličine od interesa, odnosno

A_D - Specifična aktivnost padavina u toku jednog dana

A_{jt} - srednja vrednost beta aktivnosti jezerske vode t dana nakon padavina

A_Z - specifična beta aktivnost zemljišta

h - visina padavina

Postavljena relacija ima oblik:

$$A_{jt} = 18,2A_p h + 7,48 \text{ dex}(-2)A_Z \quad (1)$$

a omogućava nam da izračunamo beta aktivnost jezerske vode u situacijama kada na slivnom području jezera dođe do enormno visokih padavina. Poznavajući faktor zaustavljanja beta aktivnosti pri tehnologiji vode možemo odrediti specifičnu beta aktivnost dobijene pijaće vode.

U V O D

Tehnološkom obradom jezerske vode dolazi do delimičnog zaustavljanja beta emitera koji se nalaze u sirovoj vodi. Efikasnost zaustavljanja beta emitera tehnološkim postupkom obrade jezerske vode odredili smo na osnovu eksperimentalnih podataka dobijenih u toku desetogodišnjeg praćenja beta aktivnosti vode jezera (Grošnica) i pijaće vode uzimane u centru grada (Kragujevac). (2). Brojne vrednosti ukupne beta aktivnosti vode jezera i pijaće vode date su u TAB 1, odakle nalazimo da je srednja vrednost uku-

pne beta aktivnosti jezerske vode $A_j = 485,11 \text{ Bq/m}^3$, dok za pijaću vodu ima vrednost $A_v = 334,58 \text{ Bq/m}^3$. Navedene srednje vrednosti za ukupnu beta aktivnost se statistički značajno ne razlikuju ($t = 1,432$).

Faktor zaustavljanja beta aktivnih radionuklida $F_{z\beta}$ definisan kao količnik ovih dveju aktivnosti tj.

$$F_{z\beta} = \frac{A_j}{A_v} \quad (2)$$

iznosi u ovom slučaju 1,45, dok odgovarajuća vrednost ovog faktora za Sr-90 prema našim merenjima za iste komponente posmatranog sistema iznosi 1,32. Prema literaturnim podacima za vodovodni sistem u Beogradu ovaj koeficijent iznosi 1,24 (1). Vrednost ovog koeficijenta za vodovod u Varšavi u periodu 1960-1962 god. iznosila je 1,40 (3), za vodovod u Arlesu u Francuskoj 1,31 (4), dok je za vodovodni sistem V. Morava (Kragujevac) 1972. god. iznosila 1,67 ($F_{z\beta} = 1,67$), a za Sr-90 $F_{zSr} = 1,10$ (5).

TAB 1. Ukupna beta aktivnost radionuklida u vodi

Godina	Aktivnost A_j (jezero) Bq/m ³	A_j -minus aktiv. Sr-90 Bq/m ³	A_v (centar grada) Bq/m ³	A_v -minus aktiv. Sr-90 Bq/m ³
I	829,7± 16,8	742,8	583,2± 12,2	535,3
II	735,7± 15,3	687,6	510,9± 11,4	470,7
III	1756,8± 34,8	1710,9	1186,7± 25,1	1144,8
IV	287,6± 6,3	259,8	214,6± 4,8	194,2
V	283,0± 5,8	249,3	197,9± 4,2	174,6
VI	211,9± 4,8	184,2	149,2± 3,0	129,6
VII	199,6± 4,2	177,0	133,1± 2,5	103,2
VIII	194,0± 3,5	171,1	123,6± 2,1	99,9
IX	166,3± 3,5	138,6	102,0± 2,0	73,8
X	186,5± 4,1	154,7	144,6± 3,1	119,1
Srednja vrednost	485,11	447,6	334,58	304,52

Prema navedenim podacima očigledno je da sistem za prečišćavanje vode efikasnije zaustavlja prirodne beta radionuklide (uglavnom K-40) nego fisione produkte (Sr-90). Ovde se mora napomenuti da se u ovim slučajevima radi o zaustavljanju traserskih aktivnosti, pa iz toga razloga je veoma teško dati određen odgovor

kako će se ovaj sistem ponašati u slučaju ekstremno visokih kontaminacija. Ispitivanja koja su vršena na postrojenjima za preradu otpadnih radioaktivnih voda (3;4) ukazuju da se i pri ekstremno visokim nivoima kontaminacije vode upravo postižu vrednosti ovih faktora koje se kreću u granicama navedenih (1;3;4), odnosno blisko našoj dobijenoj vrednosti faktora zaustavljanja beta emitera.

Dospevanje beta emitera u vodu jezera uslovljeno je predominantno njihovom migracijom iz zemljišta i padavina. Svakako, bitan uticaj na tu migraciju ima i količina padavina. Srednja vrednost specifične beta aktivnosti zemljišta u slivu reke koja napaja jezero (Gošnica) gde su vršena ispitivanja iznosi oko 444 Bq/kg (računato prema kontaminaciji od 37 dex(3) Bq/m²).

METODE MERENJA

Merenja ukupne beta aktivnosti vršena su u suvom ostatku vode sa GM brojačem čija je GM cev imala prozor površinske gustine 1,25 dex(-2) kg/m². Kao etalon za etaloniranje korišćen je ⁴⁰K ili ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y u ravnoteži. Merenja su vršena na aparaturi firme "Tracerlab". Greška merenja u proseku iznosi ± 20%, što je detaljno diskutovano u radu(6), a što se za ovu vrstu istraživanja smatra prihvatljivim.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ANALIZA

Merenja ukupne beta aktivnosti jezerske vode (Grošnica) se neprekidno vrše skoro dvadeset godina. Naš interes je ovoga puta bio da, između ostalog istražimo kako ekstremno visoke padavine u toku jednog dana (iznad 20mm dnevno) utiču na ukupnu beta aktivnost vode u jezeru. Mada smo slična istraživanja vršili i ranije (1977- 30,4 mm na dan), sad nam se pružila prilika da proverimo neke naše zaključke i to smo učinili maja meseca 1980. godine kada je u toku jednog dana palo 24 mm kiše (24 l/m²). Nekoliko dana pre toga kada nije bilo kiše beta aktivnost jezerske vode iznosila je (74,8 ± 18,6) Bq/m³. Nakon obilnih padavina u toku jednog dana od 24 mm srednja vrednost specifične ukupne beta aktivnosti (\bar{A}_j) narasla je na 376,8 Bq/m³, dok je tri dana nakon padavina iznosila (308,8 ± 73,6) Bq/m³. Pre ovih obilnih padavina imali smo dva kišna dana sa uobičajenim padavinama za ovo slivno područje (3,5mm i 9,5mm kiše) TAB 2. Nakon ove obilne kiše uzorke smo uzimali svaki dan, a dobijeni rezultati merenja dati su u TAB 2.

TAB 2 Parametri prenosa beta emitera u jezersku vodu

h dex(-3)m	A_p Bq/m ³	\bar{A}_{j0} Bq/m ³	\bar{A}_{jt} Bq/m ³	A_z Bq/kg
3,5	876	74,8 ± 18,6	78,5 ± 20,2	444
9,5	583	-"-	138,8 ± 18,3	444
24,0	645	-"-	376,8 ± 88,6	444
-	-	-"-	360,3 ± 83,2	444
-	-	-"-	323,7 ± 85,4	444
-	-	-"-	308,8 ± 73,6	444

gde su:

h - visina dnevnih padavina

A_p - specifična beta aktivnost dnevnih padavina

\bar{A}_{j0} - srednja vrednost ukupne beta aktivnosti vode u dane bez padavina

\bar{A}_{jt} - srednja vrednost ukupne beta aktivnosti jezerske vode t dana nakon padavina

A_z - specifična beta aktivnost zemljišta u slivu

Na osnovu brojnih vrednosti iz TAB 2 grafičkom analizom dolazi se do relacije koja povezuje veličine od interesa za izračunavanje ukupne beta aktivnosti jezerske vode za slučaj ekstremno visokih padavina, a koja ima izgled:

$$\bar{A}_{jt} = 17,9 A_p h + 8,2 \text{ dex}(-2) A_z \quad (3)$$

Koeficijenti u relaciji (3) tj. 17,9 i 8,2 statistički se značajno ne razlikuju od onih koje smo dobili za merenja u 1977. godini (18,2 i 7,48). Relacija (3) daje rezultate kojise takođe ne razlikuju značajno od izmerenih, što smatramo da je dobra potvrda njene valjanosti.

Kako smo napred ustanovili faktor zaustavljanja beta emitera sistemom za tehnološku obradu vode, čija je vrednost $F_{z\beta} = 1,45$ onda možemo na osnovu toga da izračunamo i specifičnu beta aktivnost pijaće vode, dobijene iz navedenog jezera, uvršćivanjem recipročne vrednosti $1/F_{z\beta}$ u relaciju (3) koja tada poprima oblik:

$$\bar{A}_{vt} = 12,35 A_p h + 5,66 \text{ dex}(-2) A_z \quad (4)$$

gde je \bar{A}_{vt} - srednja vrednost ukupne beta aktivnosti pijaće vode t dana nakon padavina.

Podsetimo se da preme preporukama ICRP za stanovništvo u celini maksimalno dozvoljivo godišnje unošenje (MGDU) nepoznate smer-še radionuklida iznosi 888Bq. Kako prosečan odrastao čovek unosi

godišnje oko $0,720\text{m}^3$ vode, te uzimajući da je MGDU 888Bq izlazi da je srednja godišnja dozvoljiva koncentracija nepoznate smeše radionuklida u vodi za piće $1,23\text{dex}(3)\text{Bq}/\text{m}^3$.

Polazeći od relacije (4) razmotrimo sa gledišta uticaja enormno visokih padavina kolika će biti srednja vrednost ukupne beta aktivnosti pijaće vode u toku tri dana nakon padavina od lmm na dan, a pri stostruko povećanoj kontaminaciji padavina uz zanemari vanje uticaja kontaminacije zemljišta. Sledeći relaciju (4) dobijamo da će \bar{A}_{vt} iznositi $0,9\text{dex}(3)\text{Bq}/\text{m}^3$ za $A_p = 7,48\text{dex}(3)\text{Bq}/\text{m}^3$, odnosno pri specifičnoj dnevnoj kontaminaciji padavina od $7,48\text{Bq}/\text{m}^2$ na dan. Ovakva analiza se može okarakterisati kao vrlo stroga i svakako obezbeđuje radijacionu sigurnost, pri upotrebi vode iz ovakvog izvorišta, na pouzdanom nivou današnjih saznanja o ovoj veličini.

SUMMARY

The experimental data on beta activities of lake waters on days without rain, as well as on days with extremely heavy rain, have enabled us to establish a relationship relating relevant quantities, such as

A_p - daily specific activity

\bar{A}_{jt} - the average value of beta activity of the lake water t days the rain

A_z - specific activity of the soil

h - the height of the fallen rain

The above mentioned relation has the following form

$$\bar{A}_{jt} = 17,9 A_p h + 8,2 \text{ dex}(-2) A_z$$

This equation enables us to calculate beta activity of the lake water in the situation when there is extremely heavy rain. Knowing decontamination factor for beta activity, one can determine the specific beta activity of the drinking water.

LITERATURA

1. RADOVANOVIĆ, R. ... (1967.) : Izvori radioaktivne kontaminacije vode u Beogradu, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd.
2. Radioaktivnost životne sredine u SRS, 1963-1979., Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd.

3. SZEPKA,R. ...(1963.) : Decontamination factor of the filtration plant of Warsaw City,Rep No CLOR -23.1963.
4. Raport dáctivite SCRPI (I-X). 1967.
5. MILOJEVIĆ,S. (1973.) : Studija prenosa fisionih produkata u pi-jaće vode,Magistarski rad,Zagreb.
6. RADOVANOVIĆ,R. (1971.) : Izloženost zračenju i kontaminaciji ljudi pri balneološkoj terapiji,Magistarski rad,Zagreb.
7. MILOJEVIĆ,S. (1980.) : Model radijacionog rizika od beta radio-nuklida iz pijaće vode akumulacionog jezera "Grošnica",Doktor-ska disertacija,Kragujevac.
8. BRNOVIĆ,R. ...(1969.) : Metoda za određivanje ^{90}Sr sa alumini-jumom kao nosačem za ^{90}Y , Zbornik radova IV Jugoslovenskog sim-pozijuma o radiološkoj zaštiti,Vol.2,str.772-779,Baško Polje.

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24. april 1981.

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

NIVO AKTIVNOSTI Po-210 U UZORCIMA
TLA NA PODRUČJU B i H

REZIME

U radu su izneseni rezultati istraživanja nivoa aktivnosti Po-210 u uzorcima tla na području BiH.

Uzorci tla su uzeti sa dvadeset punktova u slojevima od 0-5, 5-10 i 10-15 cm. Nakon raščinjavanja uzoraka izvršena je radiohemijska separacija elektrodepozicijom Po-210 na srebrnu foliju. Mjerenje je vršeno na alfa brojaču sa niskim osnovnim brojanjem.

Dobijeni rezultati dosta variraju u zavisnosti od lokacije i dubine sloja tla, najniža vrijednost iznosi 12,58 Bq/kg tla, a najviša 459,78 Bq/kg tla.

U V O D

Istraživanje kretanja prirodne radioaktivnosti bilo je dugo vremena zapostavljeno. O putevima širenja Urana Ra-226, Pb-210 i Po-210 se malo zna, a posebno o faktorima koji na to širenje u životnu sredinu utiču. Sve brži razvoj nuklearne tehnike, eksploatacija uranove rudače i ponovna prerada istrošenog nuklearnog goriva predstavljaju realnu opasnost od širenja i ovih radionuklida u šira područja životne sredine.

Većina radova o prirodnoj radioaktivnosti u tlu temelji se na mjerenjima ukupne alfa, beta i gama aktivnosti (1,2,3). Polazeći od pretpostavke da je kod prirodnih radionuklida prinos aktivnosti putem padavina u ukupnoj količini kontaminacije zanemarljiv, nastojali smo ovim radom obraditi tlo kao prvu kariku ekološkog lanca koja ima bitan uticaj na čovjeka.

Dosta radova posvećeno je izučavanju metabolizma i bioloških efekata Po-210 ali se vrlo malo zna o nivou Po-210 u pojedinim karikama ekološkog lanca i putevima njegovog transfera do čovjeka.

Materijal i metode rada

Uzorci tla uzeti su sa 20 punktova teritorije B i H i to u slojevima od 0-5, 5-10, i 10-15 cm. Uzorkovanje je vršeno sa mjesta koja nisu kultivisana metalnom bušilicom promjera 10 cm. Uzeto je 10 bušotina od svakog sloja tako da je ukupna površina iznosila 100 cm².

Za analizu je uzeto po 10 g od svakog sloja, prethodno osušene, usitnjene i izvagane zemlje i podvrgnuto raščinjavanju zlatotopkom. Nakon potpunog raščinjavanja vršeno je izdvajanje polonijuma elektrodepozicijom na srebrni disk. Mjerenje je vršeno na metanskom protočnom brojaču za niske alfa aktivnosti (FTH 700 Frieseke und Hoepener).

Rezultati i diskusija

Prvi sloj tla sa dubine od 05 cm pokazuje najveće razlike ovisno o lokaciji. Maksimalna vrijednost iznosi 459,78 a minimalna 12,58 Bq x kg⁻¹ suhog tla. Interesantno je da ove vrijednosti ujedno predstavljaju i ekstremne vrijednosti za sva tri sloja. Srednja vrijednost za ovaj sloj iznosi 105,50 Bq x kg⁻¹ suhog tla.

Drugi sloj tla (5-10 cm) pokazuje nešto manje razlike po lokacijama. Maksimalna vrijednost nadjena u ovom sloju iznosi 273,25, a minimalna 31,19 Bq x kg⁻¹ suhog tla. Srednja vrijednost je 86,13 Bq x kg⁻¹ suhog tla.

Najveća vrijednost u sloju od 10-15 cm iznosi 259,60 a najniža 29,27 Bq x kg⁻¹ suhog tla. Srednja vrijednost za ovaj sloj iznosi 78,17 Bq x kg⁻¹ (Tabela 1.).

NIVOI AKTIVNOSTI Po-210 U TLU
BOSNE I HERCEGOVINE

Tabela broj 1.

UZORAK	Bq Po-210/kg suhog tla		
	Sloj 0-5 cm.	5 - 10 cm	10 -15 cm
1.	36,30	65,19	65,49
2.	94,44	61,11	100,00
3.	53,70	53,70	100,00
4.	48,15	46,30	31,48
5.	31,11	31,85	82,15
6.	53,41	31,48	123,78
7.	54,63	31,19	64,52
8.	12,58	60,74	57,78
9.	459,78	231,18	112,41
10.	56,45	53,50	46,02
11.	87,93	43,96	67,01
12.	108,78	273,25	75,72
13.	43,21	40,05	34,77
14.	58,16	35,53	33,79
15.	75,72	49,79	35,94
16.	64,27	52,13	43,69
17.	127,43	83,88	72,63
18.	65,75	52,60	29,27
19.	108,59	209,55	259,60
20.	429,70	215,49	127,26
\bar{X}	105,50±60,20	86,13±46,84	78,17±65,78

Posmatrajući pojedinačne vrijednosti dobijane unutar jednog sloja uočavaju se velike razlike koje su naročito izražene u sloju od 0-5 cm. Pojedinačne vrijednosti gledano po slojevima ne pokazuju zakonitost migracije Po-210 po dubini tla.

Ovakva varijacija vrijednosti vjerovatno je uzrokovana različitom strukom i sastavom tla, izmjenama u profilima tla i pedološkom sastavu različitih horizonata.

Z A K L J U Č A K

Srednje vrijednosti koncentracije Po-210 pokazuju zakonitost raspodjele po slojevima.

Najvišu vrijednost pokazuje sloj od 0-5 cm, a najnižu sloj od 10-15 cm.

SUMMARY

Results of investigations on level activity of Po-210 in the samples of soil from the area of Bosnia and Herzegovina are reported.

The samples of soil were taken from 20 locations in the layers from 0-5, 5-10, and 10-15 cm. Radiochemical separation of samples was carried out by electrodeposition Po-210 on silver folio. Examination was carried out by alpha counter with low level counting.

The obtained results vary a great deal depending on location and depth of the layer of soil, the lowest value amounts 12.58, while the highest 459.78 Bq/kg soil.

L I T E R A T U R A

1. Hansen W.R., Walters R.: Radiation Biol. 10, 371, 1970.
2. Hoffman F.L., Hodge V.F., Folsom T.R.: Health Phys, 26, 65-70, 1974.
3. Parfenov J.: Atom. Energy Rev. 12, 75-143, 203-208, 1974.

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24. april 1981.

E. Horšić

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI U
NEKIM VRSTAMA RIBA RIJEKE SAVE

REZIME

Izvršena su ispitivanja koncentracije prirodnih i fisionih radionuklida: urana, Ra-226, Sr-90 i Cs-137 u vodi i ribama rijeke Save, kao i koncentracijski faktori i apsorbirane doze za navedene radionuklide u određenim vrstama riba.

U V O D

Uloga radionuklida i njihovog zračenja kao izvora radijacione zagađenosti čovjekove okoline temelji se na činjenici, da su oni veoma dugo prisutni u životnoj sredini i da time znatno utječu na ravnotežu ekološkog sistema.

Raspored lokacija prirodnih i vještačkih radionuklida, kao i zakonitost njihove migracije uslovljavaju stalnu promjenu radijacionog polja čovjekove okoline, zbog toga je potrebna permanentna i sistematska kontrola zavisnosti između radijacionog polja i radiobiološke reakcije, bioloških populacija.

Znajući da će u dogledno vrijeme proraditi NE "Koško" bilo je potrebno odrediti nultu tačku radioaktivnosti vode i riba rijeke Save.

Medju radioaktivnim kontaminantima osobitu pažnju zaslužuju: uran i Ra-226 kao prirodni, te Sr-90 i Cs-137 kao fisioni radionuklidi koje u velikoj količini mogu akumulirati svi hidrobiti, a medju njima i ribe.

Istraživanja su vršena na rijeci Savi na lokacijama oko Banske Gradiške. Njima se daje sve veći značaj zbog predviđanja izgradnje i druge NE na rijeci Savi u Prevlaki.

Postoji veoma malo podataka o kretanju urana i Ra-226 u slatkim vodama i ribama u našoj zemlji, a podaci o kretanju Sr-90 i Cs-137 su nepotpuni.

Eksperimentalni dio

Naš rad se sastojao od sljedećeg:

- Ispitivanja koncentracije prirodnih radionuklida urana i Ra-226, te fisiohnih Sr-90 i Cs-137 u vodi i nekim vrstama riba (šaran, amur, linjak, somić).
- Određivanje faktora koncentracije u sistemu riba-voda.
- Utvrđivanje apsorbirane doze zračenja od navedenih inkorporiranih radionuklida kod određenih vrsta riba.

Nivo koncentracije smo mjerili nakon pripreme uzoraka riba za uran, Ra-226 i Cs-137 gama spektrometrijom i to Ge (Li) detektorom uz lo24 kanalni analizator "ORTEC". Detekcija Sr-90 je vršena nakon radiokemijske separacije (TBF) GM brojačem niskog fona.

Rezultati i diskusija

Rezultati analiziranih uzoraka vode i riba iz rijeke Save postavljeni su u tabele od 1 - 4.

U našim istraživanjima smo dobili vrijednosti o koncentraciji prirodnih radionuklida za uran i Ra-226 u vodi i ribama rijeke Save (Tabela 1,2), koje se uklapaju u literaturne granice, iako kod većine vrsta riba vrijednosti za uran su ispod granice detekcije. Koncentracija fisiohnih radionuklida kod vode i riba rijeke Save takodjer se uklapa u literaturne podatke (Tabela 1,2).

Literaturni podaci za vode kreću se: za uran $5 \times 10^{-3} - 1.7 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1}$, Ra-226- $0.01 - 3 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1}$, za Sr-90- $0.12 - 18 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1}$, i Cs-137- $0.02 - 4.80 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1}$ (6,8).

Literaturni podaci za ribe kreću se za uran $1.0 - 3.5 \text{ pCi} \cdot \text{g}^{-1}$, za cijelu ribu, Ra-226 meso $(2 - 20) \times 10^{-4}$, kosti $(6 \times 10^{-3} - 2.1 \text{ pCi} \cdot \text{g}^{-1})$, za fisione radionuklide Sr-90- $0.01 - 4.80 \text{ pCi} \cdot \text{g}^{-1}$, a Cs-137- $0.04 - 26.30 \text{ pCi} \cdot \text{g}^{-1}$ (1-3,6).

Tabela 1. Količina radionuklida u vodi rijeke Save

Radionuklidi	Srednja vrijednost			
	$\mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$	$\text{Bq} \times \text{l}^{-1}$	$\text{mg Ca} \times \text{l}^{-1}$	$\text{mg K} \times \text{l}^{-1}$
Uran	0,30	0,008	-	-
Ra-226	-	0,039	-	-
Sr-90	-	0,026	24,00	-
Cs-137	-	0,003	-	2,84

Tabela 2. Količina U, Ra-226, Sr-90 i Cs-137 u ribama rijeke Save

Naziv uzorka	$\mu\text{g U} \times \text{kg}^{-1}$ svjež.uzorka	Bq $\text{Ra-226} \times \text{kg}^{-1}$ svj.uzorka	Bq $\text{Sr-90} \times \text{kg}^{-1}$ svj.uzorka	Bq $\text{Cs-137} \times \text{g}$ svj.uzorka
	Šaran	1.13	0.099	0.548
Šaran	0	0.019	0.268	0.010
Šaran	0	0,091	1.333	0.019
Šaran	0	0,091	0.133	0.040
Šaran	16.19	0.065	1.463	0.133
Amur	0	0.194	1.602	0.032
Amur	0	0.254	0	0
linjak	0	0.122	0.843	0.069
Linjak	0.05	0.694	0	0
Somić	5.94	0.249	2.293	0.033
Somić	0	0.222	2.794	0.038

Radiobiološka povezanost nivoa koncentracije vodene sredine i nivoa koncentracije hidrobiote u njoj, daje nam mogućnost za izračunavanje međusobnog odnosa tj. faktora koncentracije (F_k) riba/voda.

Tabela 3.-Fk U,Ra-226, Sr-90 i Cs-137 u ribama rijeke Save

Naziv uzorka	U	Ra-226	Sr-90	Cs-137
Šaran	3.76	2.88	21.48	0
Šaran	0	0,55	10.50	3.37
Šaran	0	2,63	52.23	6.50
Šaran	0	2.65	5.21	13.50
Šaran	53.96	1.90	57.31	45.00
Amur	0	5.62	62.75	10.75
Amur	0	7.389	0	0
Linjak	0	3.55	33.03	23.25
Linjak	0.16	20.18	0	0
Somić	19.80	7.22	89.79	11.25
Somić	0	6.44	89.87	12.87

Faktor koncentracije za uran kod većine vrsta riba je 0 pošto se koncentracija urana nalazila ispod granice detekcije. Kod ostalih riba F_k za uran se uklapa u literaturne podatke. Za Ra-226 F_k je prikazan kao srednja vrijednost i iznosi 2.12 za šarana, dok kod ostalih riba F_k su veći dvostruko i četverostruko ali se uklapaju u svjetske i naše literaturne podatke (4-8).

Za fisione radionuklide faktor koncentracije za Sr-90 nalazi se unutar literaturnih podataka (Tabela 3.). Jedino kod somića je veći trostruko od literaturnih, a ovo se tumači činjenicom da je somić mala riba s mnogo kostiju a Sr-90 je osteotropan element.

Faktor koncentracije ovisi o koncentraciji kalcija i kalija u vodi i ribi pa je stoga ispitan utjecaj stabilnih elemenata (Tabela 1) na akumulaciju radionuklida kako prirodnih tako i fisionih. Rezultati mjerenja stabilnih elemenata Ca i K u cjelosti se nalaze unutar literaturnih okvira.

Samo po sebi je jasno da radionuklidi inkorporirani u riblji organizam vrše ozračivanje, a to se ozračivanje izražava kao brzina apsorbirane doze. Koliko nam je poznato kod nas do sada nema objavljenih podataka o veličini apsorbiranih doza kod riba, kako za prirodne tako i za fisione radionuklide. Takvi podaci su naročito potrebni za vodotokove na kojima se grade nuklearne elektrane, jer ribe mogu poslužiti kao bioindikator zagadjenosti vodenih sredina.

Isiptivanja apsorbiranih doza su vršena za Ra-226 bez potomaka i to za njegovu gama frakciju, za Cs-137 za gama i beta frakciju a Sr-90 je čist beta emiter. Vrijednosti apsorbirane doze su dosta niske prema navodima iz literature. Što se tiče Sr-90 on se nalazi u navedenim okvirima, a za Ra-226 i Cs-137 vrijednosti su niže za jedan do dva reda veličine (Tabela 4).

Tabela 4.-Apsorbirana doza u ribama rijeke Save od prirodnih i fisionih radionuklida

Naziv Uzorka	Ra-226	Sr-90	Cs-137
	$\mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1}$	$\mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1}$	$\mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1}$
Šaran	0.95×10^{-5}	23.86×10^{-5}	0
Šaran	0.17×10^{-5}	11.67×10^{-5}	0.24×10^{-5}
Šaran	0.82×10^{-5}	58.02×10^{-5}	0.47×10^{-5}
Šaran	0.84×10^{-5}	5.79×10^{-5}	0.98×10^{-5}
Šaran	0.59×10^{-5}	66.66×10^{-5}	3.28×10^{-5}
Amur	1.76×10^{-5}	79.70×10^{-5}	0.78×10^{-5}
Amur	2.32×10^{-5}	0	0
Linjak	1.12×10^{-5}	47.96×10^{-5}	1.69×10^{-5}
Linjak	6.34×10^{-5}	0	0
Somić	2.27×10^{-5}	109.42×10^{-5}	0.82×10^{-5}
Somić	2.02×10^{-5}	99.98×10^{-5}	0.94×10^{-5}

Kao što se vidi iz eksperimentalnog dijela u radu smo nastojali dati zaokruženi set podataka za jedan species. Između većeg broja vrsta riba rijeke Save izabrane su one koje omogućuju međjusobno upoređenje i koje se pojavljuju u svim vodama, odnosno čija je pojava tipična za dotičnu vodu.

Z A K L J U Č A K

Kontaminacija čovjeka putem ekološkog lanca voda - riba - čovjek može znatno pridonijeti povećanju ukupne doze ozračivanja iz činjenice što se riba u sve većoj količini koristi u ishrani ljudi.

Svi navedeni podaci mogu poslužiti za procjenu radijacionog opterećenja čovjeka u eko sistemu voda - riba - čovjek, a ujedno daju i nulto stanje dotičnog eko sistema koji je potreban kod rada nuklearnih elektrana.

SUMMARY

Examinations were carried out on concentration of natural and fission radionuclides: uranium, Ra-226, Sr-90 and Ce-137 in water and fishes of the river Sava, as well as concentration factors and absorbed dosages for mentioned radionuclides in strict species of fishes.

L I T E R A T U R A

1. Horšić E.: IX Simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja
Jajce 31.5. - 3.6.1977. 319
2. Horšić E.: Sastanak nutricionista SRH 7.-9.6.1979.
3. Bauman A.: V jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti
NO/8 03, Bled (1970).
4. Etenhauber, E., Clajus, P., Röhnsch, W.: Report SAAS 175 (1975).
5. Lulić S.: IX Simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 251 (1977).
6. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection
ICRP Publ. : 6.
7. Vujinović S.: IX Simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce,
(1977), 569.
8. Woodhead, D.S.: Environment, IAEA, Vienna (1974).

XI JUGOSLOVENSKI SEMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PORTOROŽ 21.-24.04.1981.

R.G.Radovanović, M.Vukotić, Lj.Mijatović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

KLASIFIKACIJA MINERALNIH VODA U ODNOSU NA SADRŽAJ PRIRODNIH RADIONUKLIDA

Efekti balneološke terapije, kao i mere zaštite, zavise od sadržaja prirodnih radionuklida u mineralnim vodama koje se u tu svrhu koriste.

U ovom radu autori predlažu način klasifikacije ovih voda u odnosu na sadržaj prirodnih radionuklida. Predloženi način klasifikacije zasniiva se na poznavanju vrednosti sadržaja prirodnih radionuklida u pijaćim vodama šire teritorije (bez naknadnog zagađenja) i izvedenim veličinama iz dozvoljivog unošenja prirodnih radionuklida u ljudski organizam.

Uvod

Prva definicija pojma "radioaktivna mineralna voda" potiče iz 1911/12 godine (1). Po toj definiciji "radioaktivna mineralna voda bi bila ona koja sadrži oko $4,5 \cdot 10^4$ Bq/m³.

Dalji razvoj ove problematike doveo je do niza predloga za ovu klasifikaciju (2,3,4). Ni jedna od tih klasifikacija nije mogla biti opšte prihvaćena. Neke od tih klasifikacija daju kontradiktorne zaključke.

Izlaz iz ovakve situacije predložen je 1971. godine (5). Kasniji razvoj događaja u oblasti zaštite od zračenja (Preporuka -26 ICRP) ukazuje da je izneti predlog bio osnovan.

Primarna klasifikacija

Ova klasifikacija podrazumeva da se sa dovoljnom tačnošću poznaje sadržaj prirodnih radionuklida u pijaćoj vodi stanovnika, i da usvojene maksimalno dozvoljive koncentracije prirodnih radionuklida kao izvedene veličine iz granice dozvoljivih unošenja istih u ljudski organizam putem ingestije. Na taj način sve mineralne vode dele se u četiri klase:

A. Mineralne vode sa osnovnom koncentracijom prirodnih radionuklida.

Mineralne vode ove klase su one čije specifične ak-

tivnosti svih prirodnih radionuklida, koji u njima postoje (A_i $i = 1, 2, \dots, n$) zadovoljavaju relaciju

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{K_i} \leq 1$$

gde su K_i ($i = 1, 2, \dots, n$) srednje vrednosti specifičnih aktivnosti prirodnih radionuklida u pijaćoj vodi populacije.

B. Mineralne vode sa povećanom koncentracijom prirodnih radionuklida

Mineralne vode ove klase su one čije specifične aktivnosti prirodnih radionuklida zadovoljavaju relaciju

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{K_i} > 1$$

i

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{MDK_i} \leq 1$$

gde su MDK_i ($i = 1, 2, \dots, n$) odgovarajuće maksimalno dozvoljive koncentracije prirodnih radionuklida u vodi za piće populacije.

C. Mineralne vode obogaćene prirodnim radionuklidima

Kod ove klase mineralnih voda treba da budu ispunjene relacije

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{MDK_i} > 1$$

i

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{MDK_i} \leq 1$$

gde je MDK_i^+ - maksimalno dozvoljiva koncentracija i -tog prirodnog radionuklida u vodi za piće za grupu stanovnika (ili za lica koja rade profesionalno sa otvorenim izvorima zračenja).

D. Mineralne vode kontaminirane prirodnim radionuklidima

Ovu klasu čine one mineralne vode za koje važi

relacija:

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{MDK_i} > 1$$

Sekundarna klasifikacija

Za svaku primarnu klasu može se izvesti sekundarna klasifikacija koja ukazuje na dominantnost odredjenog radionuklida, grupe radionuklida ili vrstu aktivnosti.

Radionuklid ili grupa radionuklida čiji je relativni udeo u sumama primarne klasifikacije veći od ostatka iz te sume karakteriše dati tip vode.

Za odredjivanje tipa mineralne vode, po ovom osnovu, uvek se polazi od radionuklida sa najvećim relativnim udelom u sumi iz primarne klasifikacije.

Zaključak

Osnovna prednost ovog načina klasifikacije mineralnih voda po sadržaju radionuklida, nad postojećim, sastoji se u tome što automatski uključuje svako novo radiobiološke saznanje a koje je dovoljno verifikovano da bi se mogle iskazati u obliku odredjene granice.

Dakle, sa svakim novim radiobiološkim saznanjem (bile u pogledu štetnosti ili terapijske vrednosti) predložena klasifikacija ostaje u važnosti.

LITERATURA:

1. L. Grunhut: Zeitschr. für Balneologie, 4, 433-470 (1911/12).
2. Talenti M., Cigna A.: Problem radioactive mineral waters from the hygienic point of view. Nuovi Ann. Ig. Microbiol. 15, 568 - 571. (1964).
3. Nevikov T. F., Ju. A. Kapkov: Radioaktivnie metodi razvedki "VEDRA", Leningrad (1965).
4. Tokarev A. N., Ščerbakov Y. V.: Radiohidrogeologija. Gosgeol-tehizdat, Moskva (1956).
5. Radevanević R. G.: Izloženost zračenju i kontaminaciji ljudi pri balneološkoj terapiji. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu (1971).

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24. april 1981.

R. Kljajić

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

NIVO RADIOAKTIVNOSTI U MESU I KOSTIMA
DOMAĆE I DIVLJE SVINJE

REZIME

Orjentacionim mjerenjima ukupne beta aktivnosti u kostima i mesu domaće i divlje svinje utvrđeno je da su pored K-40 u ovim uzorcima prisutni i drugi beta emiteri.

Separatnim određivanjem prisustva fisioh produkata dokazano je prisustvo Cs-137 i Sr-90 kod obje vrste životinja. Upoređivanjem dobijenih vrijednosti uočava se da su koncentracije ova dva radionuklida za red veličine viši kod divljih svinja.

U V O D

Intenzivna istraživanja nivoa kontaminacije divljači sa produktima fisije, vršena su tokom šezdesetih godina jedino u skandinavskim zemljama, sjevernim dijelovima SSSR-a i USA (1,2,2,4,7,8).

U dostupnoj domaćoj literaturi ima vrlo malo podataka o kretanju nivoa radioaktivnosti kod divljači (5,6) te je stoga bilo interesantno ispitati nivo koncentracije produkata fisije kod jedne vrste divljači i uporediti je sa srodnom domaćom vrstom životinja.

Materijal i metode rada

Za eksperimentalni rad uzeti su uzorci mesa i kostiju domaće i divlje svinje u količini od 10 kg mesa i 1 kg kostiju. Uzorci divlje svinje dobijeni su nakon odstrela u vrijeme lovne sezone iz pet značajnijih lovišta sa teritorije BiH. Uzorci domaće svinje dobijeni su od individualnih proizvođača iz ekstenzivnog uzgoja sa istih područja na kojima su se nalazila i lovišta.

Nakon prethodne pripreme i mineralizacije uzoraka izvršeno je određivanje ukupne beta aktivnosti metodom upoređivanja aktivnosti ispitivanih uzoraka sa standardom KCl (p.a) a mjerenje je vršeno na antikoincidentnom brojaču niskih aktivnosti LARA-5. Sr-90 je određivan metodom ekstrakcije sa tributilfosfatom uz korištenje itrijevog nosača. K-40 i Cs-137 određivani su gamaspektrometrijski uz korištenje Ge-Li detektora.

Rezultati i diskusija

Dobijene vrijednosti ukupne beta aktivnosti i K-40 prikazani su u tabeli 1. Uočljiva je razlika u vrijednostima između domaće i divlje svinje kako za ukupnu beta aktivnost tako i za K-40. Izmjereni nivoi ukupne beta aktivnosti iznosile su 65,12 - 125,80 Bq x kg⁻¹ svježeg mesa divlje svinje a vrijednosti za K-40 bile su u prosijeku za 10 - 20 Bq niže. U mesu domaće svinje vrijednosti su bile niže, a kretale su se od 48,84 - 73,26 Bq x kg⁻¹ svježeg uzorka za ukupnu beta aktivnost i od 51,80 - 64,75 Bq x kg⁻¹ svježeg uzorka za K-40

Tabela 1. - Ukupna beta aktivnost i K-40 u mesu domaće i divlje svinje

LOKACIJA	Ukupna beta aktivnost		Količina K-40	
	Divlja svinja	Dom.svinja	Divlja svinja	Dom.svinja
	Bq x kg ⁻¹ svj.uzor.	Bq x kg ⁻¹ svj.uzor.	Bq K-40xkg ⁻¹ svj.uzor.	Bq K-40xkg ⁻¹ svj. uzor.
1.	87,69	73,26	73,63	64,75
2.	110,63	70,67	99,53	61,05
3.	125,80	48,84	111,00	44,40
4.	81,40	57,72	63,27	52,54
5.	65,12	57,35	44,40	51,80
\bar{X}	94,13	61,57	78,37	54,91
	+ 11,67	+ 4,70	+ 12,81	+ 3,91

Razlike u nivou koncentracije fisionih produkata Cs-137 i Sr-90 su još više izražene. Izmjereni nivoi bili su prosijeku za red veličine viši kod divlje svinje a kretale su se od 1,15 - 5,00 Bq x kg⁻¹ svježeg uzorka za Cs-137 i 105,71 - 190,08 Bq x kg⁻¹ svježeg uzorka za Sr-90. Kod domaće svinje Cs-137 se kretao od 0,15 - 1,71 Bq x kg⁻¹, a Sr-90 od 5,49 - 14,79 Bq x kg⁻¹ svježeg uzorka (tabela 2).

Tabela 2.- Količina Cs-137 u mesu i Sr-90 u kostima domaće i divlje svinje

LOKACIJA	Količina Cs - 137		Količina Sr - 90	
	Divlja svinja	Dom.svinja	Divlja svinja	Dom. svinja
	Bq Cs-137 x kg svj.uzor.	Bq Cs-137 x kg ⁻¹ svj.uzor.	Bq Sr-90 x kg ⁻¹ svj.uz.	Bq Sr-90 x kg ⁻¹ svj.uzor.
1.	2,56	0,56	105,71	7,03
2.	4,40	1,71	140,52	14,79
3.	5,00	0,87	110,26	7,69
4.	1,15	0,15	190,08	5,49
5.	1,53	0,60	117,28	10,19
\bar{X}	2,93	0,79	132,77	9,04
	± 0,74	± 0,30	± 16,22	± 1,79

Iznijeti rezultati ukazuju da divlje svinje u mnogo većem stepenu akumuliraju Cs-137 i Sr-90 u odnosu na domaće svinje, što je vjerovatno posledica različitog načina života i ishrane.

SUMMARY

By preliminary examinations of total beta-radioactivity in bones and meat of domestic and wild swine it was established that, besides K-40, in these samples were present the other beta-emitters.

By separate determination of the presence of fission products Cs-137 and Sr-90 were established in both species of animals. The obtained results were compared and it was obvious that the levels of concentration of these two radionuclides were higher in wild swine.

L I T E R A T U R A

1. Bernström B.: The Research Institute of National Defence, Report C 4390-28, Stockholm, Sweden, 1969
2. Fontain E.: Health Phys Pergamon Press, 14,1205, 1967.
3. Hanson W.C., Watson D.G. and Perkins R.W.: Radioecological Concentration Processes, 233, 1967.
4. Miettinen J.K. and Häsänen E.: Radioecological Concentration Processes, 221, 1967.
5. Milošević Z., Horšić E., Bauman A.: Veterinaria 1 - 2, 297, 1976.
6. Milošević Z., Horšić E., Bauman A., Kljajić R.: Zbornik IX Simp. Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 321, 1977.
7. Nevstrueva M.A. et al: Radioekological Concentration Processes, 20, 1967.
8. Rabon E.W.: Hlth Phys, 15, 37, 1968.

XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Portorož, 21. - 24. 4. 1981.

Radosav Mitrović, Slobodanka Stanković, Jevrosima Begović

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

NIVO RADIOAKTIVNOSTI U PRODUKTIMA VETERINARSKOG NADZORA PODRINJSKO - KOLUBARSKOG REGIONA

Rezime

U ovom radu opisana su radijaciono-higijenska istraživanja čiji je zadatak bio da u produktima veterinarskog nadzora Podrinjsko - Kolubarskog regiona ispita prisustvo i nivoje ukupne beta aktivnosti.

Uvod

Obzirom na stalnu migraciju radioaktivnih materija od izvora, preko lanca ishrane, do čoveka, kontaminirana ljudska i stočna hrana može da bude merilo interne radijacione doze od ^{137}Cs i ^{90}Sr za stanovništvo zavisno od lokaliteta i godišnjeg doba. Tako na primer, mleko može da bude tzv. "kritična" hrana (hrana kojom se unosi najviše ^{90}Sr u ljudski organizam) ako je u pitanju letnji period. Žitarice, takodje, mogu da predstavljaju kritičnu hranu ako su dominantne u ishrani stanovništva, kao i druge direktno kontaminirane biljke.

Imajući ovo u vidu određivanje U_BA u uzorcima vode, hrane i stočne hrane predstavlja važnu etapu radijaciono-higijenske kontrole animalne proizvodnje za određenu oblast.

Cilj ovog rada je bio da se u produktima veterinarskog nadzora ispituju nivoi radioaktivnosti sa velikih poljoprivrednih do-

bara i farmi. Podrinjsko - Kolubarskog regiona, koje ne podležu redovnoj kontroli na radioaktivnost i da se na osnovu rezultata utvrdi neophodnost daljih radijaciono-higijenskih istraživanja.

Materijal i metod rada

Sadržaj ukupne beta aktivnosti meren je u uzorcima vode, hrane i stočne hrane na teritoriji Podrinjsko - Kolubarskog regiona.

Uzorci hrane: mleko i meso uzimani su iz mlekara, odnosno klanica na teritoriji regiona. Uzorci stočne hrane dobiveni su u fabrikama stočne hrane, a uzorci zelene hrane prikupljeni su na terenu gde je to bilo moguće.

Kod svih uzoraka merena je radioaktivnost mineralizovanog ostatka na antikoincidentnom brojaču za niske aktivnosti LOLA - 4, efikasnosti od 8,9 - 10 %, posle prepariranja u odgovarajućim plamšetama.

Rezultati i diskusija

Merenjem ukupne beta aktivnosti u odabranim uzorcima, Podrinjsko - Kolubarskog regiona, došlo se do sledećih rezultata koji su dati u tabeli 1 i 2, a odnose se na određene podregione (Šabac, Loznica i Valjevo).

U tabeli 1 prikazani su rezultati ukupne beta radioaktivnosti šabačkog podregiona u svežem mleku, vodi, starteru za piliće i kokošjem mesu sa kostima.

Ukupna beta aktivnost u svežem mleku kretala se od $38,25 \pm 2,07$ Bq/l (Koceljevo) do $64,67 \pm 3,89$ Bq/l (Šabac). Voda iz vodovoda pokazala je vrlo malu aktivnost od 0,03 do 0,09 Bq/l. Od stočnih hraniva određena je ukupna beta aktivnost startera za piliće $270,02$ Bq/kg (Šabac). Kokošje meso u grupi uzoraka sa ovog podregiona pokazalo je najvišu radioaktivnost $668,10 \pm 111,44$ Bq/kg.

U tabeli 1 prikazani su i rezultati ukupne beta aktivnosti lozničkog podregiona u svežem mleku, vodi stočnim hranivima, svinjskom i govedjem mesu sa kostima.

TAB. br. 1. - Ukupna beta aktivnost u odabranim uzorcima Šabačkog i Lozničkog podregiona sa sadržajem kalijuma-40

Uzorak i mesto uzorkovanja	Bq/kg (l)		Bq/kg (l)	Bq/kg (l)
	U _B A	⁴⁰ K		
ŠABAČKI PODREGION				
Sveže mleko-Šabac	64,67+3,89	27,06	41,84	37,61
" " -Koceljjevo	53,44+3,83	33,13	61,99	20,31
" " -Vladimirci	38,25+2,07	31,44	82,19	6,81
" " -Bogatić	50,08+2,60	-	-	-
Voda iz vodovoda-Šabac	0,09+0,06	-	-	-
" " mlekare -Šabac	0,03+0,06	-	-	-
Starter za piliće-Šabac	270,02+22,41	185,47	68,68	84,55
Kokošje meso sa kostima Šabac	668,10+111,44	294,17	44,03	373,93
LOZNIČKI PODREGION				
Sveže mleko-Draginac	58,31+3,10	46,35	79,48	11,96
" " -Osečina	54,43+3,17	26,05	47,85	28,38
" " -Gučevo	46,19+3,58	30,07	65,10	16,12
Voda iz vodovoda-Loznica	0,02+0,06	-	-	-
Koncen.za piliće-Gučevo	333,53+3,76	234,40	70,27	99,13
" " tov junadi "	385,28+27,35	149,40	38,77	235,88
" " tov svinja "	210,94+12,84	96,25	45,62	114,69
Seno deteline "	382,29+24,31	270,28	70,70	112,01
Svinjsko meso - Loznica	105,06+14,79	80,22	76,35	24,84
Govedje meso - "	84,25+ 8,20	53,17	63,10	31,08
Svinjske kosti - Loznica	66,85+39,08	-	-	-
Govedje kosti - "	62,15+51,13	-	-	-

Sveže mleko je pokazalo ukupnu beta aktivnost od 46,19+3,58 Bq/l (Gučevo) do 58,31+3,10 Bq/l (Draginac), voda 0,02 Bq/l, stočna hraniva od 210,94+12,84 Bq/kg (koncentrat za tov svinja) do 385,28+27,35 Bq/kg (koncentrat za tov junadi) a svinjsko i govedje meso 105,06+14,79 Bq/kg, odnosno 84,25+8,20 Bq/kg.

U tabeli 2 prikazani su rezultati ukupne beta aktivnosti Valjevskog podregiona u stočnim hranivima, pilećem mesu i vodi.

TAB. br. 2. - Ukupna beta aktivnost u odabranim uzorcima Valjevskog podregiona sa sadržajem kalijuma-40

Uzorak i mesto uzorkovanja	Bq/kg (l)		% ⁴⁰ K	Bq/kg (l)	
	U _B A	⁴⁰ K		U _B A bez ⁴⁰ K	
Riblje brašno - Valjevo	299,55+62,89	146,01	48,74	153,54	
Lucerkino " - "	1.058,15+48,99	683,54	64,59	374,61	
Kukuruzna biljka- "	440,55+33,39	192,99	43,80	211,56	
Ovas - "	759,08+39,54	352,27	46,48	406,81	
Suncokret mleveni "	495,94+37,76	492,09	99,22	3,85	
Kukuruz (zrno)- "	541,95+24,71	243,87	44,99	298,08	
Krmna smeša za muzare "	206,37+13,60	111,77	54,16	94,60	
" " " piliće "	402,89+29,27	168,92	41,92	233,97	
" " " svinje "	331,90+21,72	215,23	64,84	116,67	
Koncentrat za goveda "	438,04+31,53	239,97	54,78	198,07	
Mekinje "	481,85+22,35	233,51	48,46	248,34	
Silaža "	83,87+ 5,65	52,53	62,63	31,34	
Pileće meso sa kostima Valjevo	69,01+16,48	67,88	98,36	1,13	
Voda iz vodovoda-Mlonica	0,06+ 0,03	-	-	-	
" " " -Ljig	0,06+ 0,05	-	-	-	

Stočna hraniva su zastupljena u većem obimu a njihova ukupna beta aktivnost kreće se od 83,87+5,65 Bq/kg (silaza) do 1.058,15+48,99 Bq/kg (lucerkino brašno). U pilećem mesu sa kostima iznosila je 69,01+16,48 Bq/kg, a u vodi 0,06 Bq/l.

U radu smo pored ukupne beta aktivnosti, posebnu pažnju posvetili ⁴⁰K koji kao pratilac kalijuma ulazi u sastav ispitivanih uzoraka. Neposredno posle određivanja ⁴⁰K dobili smo % učešća ⁴⁰K

u ukupnoj beta aktivnosti (tabela 1 i 2). Ovo učešće je vrlo različito jer je vezano za vrstu uzorka, a varijabilnost je verovatno uslovljena povišenim sadržajem drugih radionuklida među kojima mogu da se nadju izotopi visoke radiotoksičnosti. Iz ovih razloga neophodno je izvršiti radiohemijsku analizu na prisustvo ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja ukupne radioaktivnosti u normalnim uslovima u hrani, vodi i stočnoj hrani sa područja Podrinjsko-Kolubarskog regiona, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Svi ispitivani uzorci: vode, mleka, mesa, zelene stočne hrane i pripremljenih gotovih koncentrata pokazuju ukupnu radioaktivnost koja se kreće od 0,02 Bq/l (voda) do 1.058,15+48,99 Bq/kg (lucerkino brašno).

2. Ukupna beta aktivnost vode sa područja regiona je niska, kreće se od 0,02 (Loznica) do 0,09 (Šabac) Bq/l.

3. Ukupna beta aktivnost mleka pokazuje različite vrednosti od 38,25 (Vladimirci) do 64,67 (Koceljevo) Bq/l. Da bi se objasnile ovako neujednačene vrednosti neophodno je analizirati i stočnu hranu sa istih područja gde je ukupna beta aktivnost u mleku nešto povišena da bi mogle da se prate zakonitosti prelaza radionuklida iz jednog dela ciklusa animalne proizvodnje u drugi i odrede faktori tog prelaza.

4. Radiometrijskim merenjima je utvrđena prirodna radioaktivnost u stočnoj hrani koja se kreće od 83,87 (silaza - Valjevo) do 1.058,15 (lucerkino brašno - Valjevo) Bq/kg. Neophodna je radiohemijska analiza uzoraka, posebno ovakve stočne hrane čija je vrednost za ukupnu beta aktivnost na granici tolerantne koncentracije. Ovakva radiohemijska analiza daće podatke o procentualnoj zastupljenosti biološki aktivnih radionuklida ^{137}Cs i ^{90}Sr u ukupnoj radioaktivnosti.

5. Da bismo mogli da damo kompletniju analizu uzoraka vode, hrane i stočne hrane na prisustvo radionuklida, kao i da utvrdimo određene zakonitosti o kretanju radionuklida u ciklusu animalne proizvodnje, pošto se radi o dinamičkom procesu, za određeni region, neophodno je analizirati znatno veći broj uzoraka u funkciji

vremena i sagledati pravilnosti koje vladaju u ravnoteži ovakvih procesa životne sredine. Neophodno je uzorke uzimati po godišnjim dobima, kako bi se sadržaj radionuklida u ciklusu animalne proizvodnje pratio kontinualno i odredila njihova translokacija.

THE LEVEL OF RADIOACTIVITY IN PRODUCTS UNDER VETERINARY
SUPERVISION OF THE PODRINJE-KOLUBARA REGION

Mitrović Radosav, Stanković Slobodanka, Begović Jevrosima

Summary

In this paper some radiation - hygienic investigations are described. The aim was to examine the presence and level of total beta activity in products under veterinary supervision of the Podrinje - Kolubara region.

Literatura

1. Yamagata N., Yamagata T., Report of the First Annual Meeting of the Japan Radiation Society, 1959.
2. Anderson I, Chem. Abstr., 57, 9, 1962.
3. Moskalev I. Yu, Buldakov A.L.: Problemi rasporedelenija i eksperimentalnoj ocenki dopustimih urovnj ^{137}Cs , ^{90}Sr i ^{106}Ru , Automizdat, Moskva, 1968.
4. Fomina K.S.,: Radiacionaja ekspertiza objektov veterinarnogo nadzora, Leningrad, 1974.

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24. april 1981.

Z. Milošević, E. Horšić, A. Bauman, R. Kljajić, L. Saračević
Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb

KONCENTRACIJA PLUTONIJA U NEKIM
UNUTARNJIM ORGANIMA GOVEDA U BiH

REZIME

Sakupljeni su neki podaci o količini plutonija u unutarnjim organima goveda. Prosječni nivo radioaktivnosti iznosi oko 4 mBq a najviša vrijednost ne prelazi 18 mBq \times kg⁻¹ svježe iznutrice.

U V O D

Ingestija i inhalacija aktinida, među koje spada i plutonij od strane herbivora su glavni putovi kretanja aktinida u ekološkom ciklusu do čovjeka. Plutonij je izrazito radiotoksičan, pa je zato neobično važno poznavanje mjesta njegove depozicije u životinjskom organizmu. Koncentracija plutonija u hrani ljudi je vrlo niska pa se pretpostavlja da je srednje godišnje unošenje hranom kod čovjeka ispod 50 mBq. Isto tako postoje samo približni podaci za plutonij iz fallouta za koji se smatra da dolazi kao PuO₂ te da sada ukupno prisutna količina plutonija u životnoj sredini iznosi oko 18,5 EBq. Mjesto najveće koncentracije plutonija kod životinja su gastrointestinalni trakt, koža, pluća, jetra i bubrezi.

Materijal i metode rada

Zbog veoma niske koncentracije plutonija u živežnim namirnicama, ispitani su oni dijelovi životinjskih organizama za koje je poznato da akumuliraju najviše plutonija. U ispitivanim područjima BiH sakupljano je po 3 kg govedjih pluća, bubrega i jetre.

Spaljivanje uzoraka vršeno je mokrim putem modificiranom metodom Fenton a separacija plutonija je izvršena adaptiranom metodom po Henry-u. Mjerenje radioaktivnosti vršeno je protočnim brojačem.

Rezultati i diskusija

Analizirani uzorci iz različitih krajeva Bosne i Hercegovine sadržavali su slijedeće koncentracije plutonija koje su izražene kao srednja vrijednost za pojedino područje.

Tabela 1. Plutonium u svježim govedjim plućima jetri i bubrezima u mBq x kg⁻¹

PODRUČJE	pluća	Jetra	Bubrezi
Sjeverna Bosna	13,32	2,21	0,76
Centralna Bosna	9,99	1,48	4,81
Istočna Bosna	6,16	5,92	2,40
Zapadna Bosna	3,51	1,66	1,48
Istočna Hercegovina	12,58	4,44	1,11
Zapadna Hercegovina	4,45	0,74	1,08

Iz rezultata je vidljivo da je najviša aktivnost nadjena u uzorcima pluća (srednja vrijednost 8,33 mBq), zatim u jetri (2,74 mBq), a najmanja u bubrezima (1,94 mBq). Nekoliko uzoraka bilo je ispod granice detekcije a najviša vrijednost je nadjena u jednom uzorku pluća i iznosila je 16,65 mBq x kg⁻¹ svježeg uzorka. Upoređujući ove rezultate sa literaturnim podacima za pluća kod ljudi od 5,18-41,81 mBq x kg⁻¹ iz 1975. godine možemo konstatovati da se nivo plutonija u našim uzorcima kreće na relativno niskom nivou.

SUMMARY

Certain data on quantity of plutonium in internal organs of cattle are collected. An average radioactivity level amounts about 4 mBq while the highest value does not exceed 18 mBq x kg⁻¹ in fresh intestines.

L I T E R A T U R A

1. Bair, W.J., Ballou J.E., Park J.F.: Plutonium in soft tissue with emphasis on the respiratory tract. Berlin, 1973.
2. Bauman A., Milošević Z., Horšić E.: Veterinaria 26, 545, 1977.
3. Bulman R.A.: Naturwissenschaften 65, 137, 1978.
4. Hakonson T.E.: Health Phys. 29, 583, 1975.
5. Watson M.: Information AAC/IP11, p.20, 1976.

VI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21. - 24.4.1981.

Slobodanka Stanković, R.Mitrović, Jevrosima Begović

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

SADRŽAJ ^{137}Cs U NEKIM PRODUKTIMA VETERINARSKOG NADZORA
PODRINJSKO-KOLUBARSKOG REGIONA

Rezime

Radiohemijski je određen sadržaj ^{137}Cs u nekim uzorcima hrane i stočne hrane Podrinjsko-kolubarskog regiona. Dobiveni su podaci o procentualnoj zastupljenosti ovog radionuklida u ukupnoj beta aktivnosti ispitivanih uzoraka.

Uvod

Radiohemijska metoda taloženja ^{137}Cs sa specifičnim agensom $\text{Na}[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{BCN}]$ - cezignostom, pokazala se kao veoma pogodna i selektivna za određivanje ovog radionuklida u biološkim sredinama.

Zbog radijacione opasnosti koju izaziva prisustvo ^{137}Cs u životnoj sredini, odlučili smo se za merenje koncentracije ovog radioelementa u određenim fazama ciklusa ekološkog sistema (hrani i stočnoj hrani) na određenom području SR Srbije.

Materijal i metod rada

Radioaktivni cezijum izdvajali smo u nekim uzorcima hrane: mleko i meso i stočne hrane: zelene i koncentrata dobivenih u fabrikama stočne hrane. Svi ispitivani uzorci potiču sa Podrinjsko-kolubarskog regiona i prikupljeni su u jesen 1980. godine etapno po podregionima: Šabačkom, Lozničkom i Valjevskom. Mleko i meso su dobiveni u mlekarama, odnosno klanicama na teritoriji regiona.

Postupak radiohemijskog izdvajanja ^{137}Cs iz pepela stočne hrane gravimetrijskom metodom taloženja radioaktivnog cezijuma sa cezignostom opisan je detaljno u radovima S.Stanković i saradnika (1,2), a predstavlja modifikovanu metodu A.Bauman (3) za izdvajanje ^{137}Cs u biološkim sredinama. Mineralizacija uzoraka vršena je po

postupku koji je opisan u našem ranijem radu (4). Pepeo je rastva-
ran u 2N HNO₃ uz dodavanje 20 mg nosača cezijuma po uzorku. Rastvo-
rljivost pepela u mineralnoj kiselini nije zadovoljavajuća i kreće
se od 5 - 85%. Za uzorke koje smo mi analizirali neophodno je pode-
šavanje pH na 1,5, pri višim pH, posebno kod biljnih uzoraka, pove-
ćava se količina taloga i dobija nerearno radiohemijsko iskorišće-
nje. Razblažen rastvor cezignosta, 1%, korišćen je za ispiranje
taloga. Posle sušenja, talog se prenosi na planšetu i broji na bro-
jaču za nisku aktivnost LOIA - 4, efikasnosti 9,9%. Uzimajući u ob-
zir radioaktivnost ispitivanog uzorka, efikasnost brojačkog uređja-
ja, radiohemijsko iskorišćenje i koeficijent pepela izračunava se
aktivnost uzorka izražena u Bq/kg sirovog uzorka, a koja potiče od
radiohemijski čistog ¹³⁷Cs.

Rezultati i diskusija

Rezultati o dobivenom sadržaju cezijuma - ¹³⁷Cs prikazani su
tabelarno i topo podregionima: Šabac (tabela 1), Loznica (tabela 2)
i Valjevo (tabela 3). U tabelama su prikazani podaci za aktivnost
cezijuma u Bq/kg sirovog uzorka, pored vrednosti za radiohemijski
prinos, i procentualnu zastupljenost cezijuma u ukupnoj beta aktiv-
nosti koja je izmerena za sve ispitivane uzorke (5). Vodeći računa o

TAB.br.1. Sadržaj ¹³⁷Cs u uzorcima hrane i stočne hrane Šabačkog
regiona

Vrsta uzorka i poreklo	Radiohem. prinos (%)	SpA (Bq/kg sir.uz.)	Broj cezi- jums.jed. (Bq/gK)	Procentu- alna zas- tuplj. ¹³⁷ Cs u U _B A
1. Mleko - sveže Šabac	76,13	0,716±0,12	0,846	0,78
2. Mleko - sveže Koceljevo	99,98	0-	0 -	0-
3. Mleko - sveže Vladimirci	99,98	0,260±0,63	0,150	0,20
4. Starter za piliće	71,16	2,529±0,25	0,368	0,93
5. Kokošije meso s kostima	98,90	0,163±0,02	0,047	0,02

sadržaju kalijuma analiziranih uzoraka u tabelama je koncentracija ^{137}Cs prikazana i u cezijumskim jedinicama. Rezultati predstavljaju srednje vrednosti od šest uzoraka.

Analizirajući podatke iz tabele 1. zapaža se da je ^{137}Cs prisutan u svim ispitivanim uzorcima, izuzev mleka iz Koceljeva. Koncentracija radioaktivnog cezijuma kreće se od 0,047 (kokoške meso s kostima) do 0,846 (mleko - Šabac) cezijumskih jedinica. Procentualna zastupljenost ^{137}Cs u ukupnoj beta aktivnosti je u granicama od 0,02 do 1,78 u mesu, odnosno mleku.

Vrednosti prikazane u tabeli 2. ukazuju da je sadržaj ^{137}Cs različit i da zavisi od vrste uzorka. Najviši je u govedjem mesu

TAB.br.2. Sadržaj ^{137}Cs u uzorcima hrane i stočne hrane Lozničkog regiona

Vrsta i poreklo uzorka	Radiohem. prinos (%)	SpA (Bq/kg sir.uz.)	Broj cezijums.jed. (Bq/gK)	Procentualna zastuplj. ^{137}Cs u uBA
1. Mleko - sveže Draginac	58,50	0,146 \pm 0,02	0,086	0,25
2. Mleko - sveže Osečina	53,20	0,011 \pm 0,00	0,012	0,02
3. Mleko - sveže Gučevo	42,29	0,996 \pm 0,21	0,905	2,15
4. Svinjsko meso	71,99	4,624 \pm 0,46	1,576	4,40
5. Govedje meso	81,92	9,351 \pm 0,94	4,808	8,00
6. Koncentrat za zav. tov pilića-Gučevo	61,07	1,218 \pm 0,12	0,142	3,63
7. Koncentrat za junad - Gučevo	99,96	0,972 \pm 0,09	0,178	0,25
8. Koncentrat za tov svinja-Gučevo	25,19	0,743 \pm 0,07	0,211	0,35
9. Seno deteline	99,30	0,678 \pm 0,06	0,069	0,17

(4,808 CJ) i svinjskom mesu (1,576 CJ), a najniži u mleku Osečina (0,011 CJ). Isti redosled je karakterističan i za procentualnu zastupljenost ^{137}Cs u ukupnoj beta aktivnosti. Ovi podaci su u saglasnosti sa navodima iz literature da su kritični organi za depoziciju radioaktivnog cezijuma mišići.

Tablica 3. Sadržaj ^{137}Cs u govedini, svinjskoj i stočnoj hrani uzgajanih u podregionu

Vrsta uzorka i poreklo	Radiohem. prinos (%)	SpA (Bq/kg sir.uz.)	Broj cezijums. jed. (Bq/gK)	Procentualna zastuplj. ^{137}Cs u UBA
1. Riblje brašno 65% "Srbijanka"	22,18	15,635 \pm 1,56	0,929	3,22
2. Lucerkino brašno "Srbijanka"	59,92	6,329 \pm 0,63	0,253	0,97
3. Kukuruzna biljka "Srbijanka"	21,68	5,180 \pm 0,52	0,734	1,17
4. Ovas - "Srbijanka"	23,40	0-	0-	0-
5. Kukuruz-"Srbijanka"	39,15	1,612 \pm 0,16	0,306	0,30
6. Krmna smeša za zav. tov pilića-"Srbijanka"	72,49	14,498 \pm 1,45	2,347	2,60
7. Mekinje-"Srbijanka"	79,95	1,226 \pm 0,12	0,392	0,25
8. Krmna smeša za svinje-"Srbijanka"	73,16	0,961 \pm 0,09	0,023	0,29
9. Koncentrat za goveda - Mionica	33,52	1,062 \pm 0,10	0,207	0,24
10. Silaša-Mionica	78,54	2,012 \pm 0,20	1,047	2,40
11. Pileće meso s kostima-"Srbijanka"	36,41	0	0	0

Od svih ispitivanih uzoraka stočne hrane, prikazanih u tabeli 3 najviši sadržaj radiocezijuma pokazuje krmna smeša za završni tov pilića (2,347 CJ). Ostale vrednosti su uglavnom ujednačene, kreću se od 0,023 - 0,929 CJ, dok ^{137}Cs u pilećem mesu nije nadjen primenom radiohemijske metode.

Dobiveni rezultati samo informativno daju podatke o nivoima koncentracije Cs-137 kao biološki aktivnog radionuklida, dok za translokaciju ovog radioelementa u ciklusu ekološkog sistema potrebno je ova ispitivanja proširiti na znatno veći broj uzoraka, koji bi se uzimali u različita godišnja doba sa istog područja.

Uzimajući u obzir podatke o MDK ^{137}Cs (6) svi ispitivani uzorci hrane i stočne hrane su radijaciono-higijenski ispravni i mogu se koristiti za ishranu.

Neujednačene vrednosti za koncentraciju radiocezijuma u različitim uzorcima hrane mogle bi se objasniti mnogim faktorima koji utiču na depoziciju ovog radioelementa u biljkama, kao na pr. sastav tla, sposobnost zemljišta da akumulira ^{137}Cs , neravnomerno rasporedjivanje cezijuma u pojedinim delovima biljke itd. stočna hrana koja se priprema u obliku smeša takodje pokazuje različite nivoe sadržaja radiocezijuma, što je posledica različitog sastava ispitivanih koncentrata.

Zaključak

Na osnovu obavljenih ispitivanja možemo izvesti sledeće zaključke:

1. - Radiohemijska metoda taloženja ^{137}Cs sa ceziqnostom - trifenilcijanoboratom pokazala se kao veoma pogodna zbog svoje efikasnosti i jednostavnosti, za kvantitativno odredjivanje ovog biološki aktivnog radionuklida u uzorcima hrane i stočne hrane.

2. - Sadržaj ^{137}Cs u ispitivanim uzorcima je različit i zavistan ne samo od vrste već i od porekla ispitivanog uzorka. Najviši je u uzorku govedjeg mesa - Loznica, a najniži u uzorku mleka - Osečina.

3. - Procentualno učešće ^{137}Cs u ukupnoj beta aktivnosti ispitivanih uzoraka kreće se od 0,02 do 8,00.

4. - Uzimajući u obzir podatke o MDK ^{137}Cs svi ispitivani uzorci su radijaciono-higijenski ispravni i mogu se koristiti za ishranu.

THE CONTENT OF ^{137}Cs IN SOME PRODUCTS UNDER VETERINARY
SUPERVISION OF THE PODRINJE - KOLUBARA REGION

Summary

The content of ^{137}Cs was radiochemically determined in some samples of food and feedstuffs in the Podrinje - Kolubara region.

Data were obtained on the relative amount of this radionuclide in the total beta activity of the examined samples.

Literatura

1. Stanković S., Vukotić Z., Gačević M.: Komparativna ispitivanja sadržaja ^{137}Cs u produktima veterinarskog nadzora, IV Savetovanje o dijagn., profilaksi i terapiji u savrem. stočarskoj proizvodnji, Primošten, 1978.
2. Stanković S., Begović J., Mitrović R.: Sadržaj ^{137}Cs u uzorcima stočnih hraniva različitog lokaliteta i porekla, VI Savetovanje o dijagn., profilaksi i terapiji u savrem. stočar. proizvodnji, Primošten, 1980.
3. Bauman A.: Separacija ^{137}Cs , disertacija, Tehn. fakultet, Zagreb, 1965.
4. Stanković S., Gačević M.: Odredjivanje ukupnog kalijuma i kalijuma-40 u nekim objektima veterinarskog nadzora metodom atomske apsorpcije, III Savet. o dijagn., profilaksi i terapiji u savr. stočarskoj proizvodnji, Primošten, 1977.
5. Mitrović R., Stanković S., Begović J.: Nivo radioaktivnosti u produktima veterinarskog nadzora Podrinjsko-Kolubarskog regiona XI Jugosl. simpoz. o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.
6. Buldakov L.A., Moskalev Ju: Problemi raspredelenija i eksperimentalnoj ocenki dopustimih urovnej Cs-137, Sr-90, Ru-106, Atomizdat, Moskva, 1968.

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.4.1981.

Temira Penke i Gordana Djurić

Veterinarski fakultet u Beogradu, Katedra za radiologiju

IZDVAJANJE CEZIJUMA-137 POMOĆU NATRIJUMTETRAFENIL-
BORATA IZ NAMIRNICA I HRANIVA

Kratek sadržaj

Prikazana je metoda izdvejanja cezijuma-137 pomoću natrijumborata (NaTFB-kaligost) iz namirnica i hraniva. Metoda se izvodi u prisustvu izotopnog nosača (Cs), amonijumfosforata (BIO RAD A MP-1) i azbesta (BIOREX B-2138). Osetljivost metode je 0,2 Bq, radiohemijski prinos je 60,1 do 78,3 %, a greška metode je od 7,8 do 14,6 %.

Rezultati određivanja cezijuma-137 u namirnicama i hranivima gde je sadržaj kalijuma izuzetno visok, dobijeni su sa greškom do 17 %. U odnosu na gamspektrometrijsku analizu nalaze se u granicama statističkih greške merenja.

Uvod

Natrijumtetrafenilborat (NaTFB)- $[(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{B}]$ preporučuje se u literaturi (1,2) kao selektivan reagens za taloženje kalijuma, cezijuma i rubidijuma iz bioloških materijala. Da bi pomenuti reagens mogao da se koristi za izdvajanje cezijuma-137 iz uzoraka koji sadrže znatne količine kalijuma, neophodne su dodatne hemijske separacije. Najčešće su to jonoizmenjivačke metode. Pored toga, korišćenje NaTFB za izdvajanje cezijuma-137 iz uzoraka biosfere moguće je samo u prisustvu izotopnog nosača, u obliku neke cezijumove soli (CsCl), s obzirom na red veličine aktivnosti cezijuma-137 ($\sim 0,4 \text{ Bq}$), odnosno njegove mase ($\sim 10^{-17} \text{ kg}$) u ispitivanim uzorcima, koje je daleko ispod osetljivosti hemijske reakcije pri taloženju cezijuma sa NaTFB . Cezijum se već u slebo kiseloj sredini taloži sa NaTFB , dajući beli kristalast talog $\text{Cs}[(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{B}]$, koji je rastvoran u acetonu, a slebo rastvoran u vodi. Reakcija taloženja je pozitivna i u alkalnoj sredini.

U ovom radu, cezijum-137 je izdvažen u prisustvu nosača cezijum-133 u obliku ($^{137}\text{Cs} + ^{133}\text{Cs}$) $[(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{B}]$ iz jaja i mesa živine i iz industrijskih hraniva. Amonfosformolibdat (AFM) i azbest korišćeni su za potpuno odvajanje ($^{137}\text{Cs} + ^{133}\text{Cs}$) od kalijuma i rubidijuma, a ostali hemijski elementi (III i IV analitičke grupe) odvojeni su standardnim analitičkim postupcima.

Princip metode

Metoda se sastoji u sledećem :

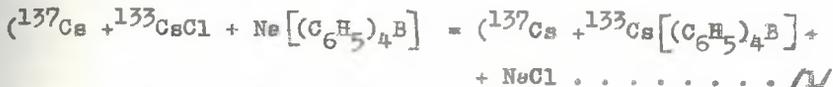
1. Cezijum-137 i izotopni nosač cezijum-133 urevnoteževani su rastvaranjem mineralnog ostatka uzorka u 2 N HNO_3 uz blago zagrevanje. Urevnoteževanje se postiže i topljenjem mineralnog ostatka uzorka sa natrijumkarbonatom i rastvaranjem dobijenog produkta u 2 N HNO_3 .
2. Hemijski elementi III analitičke grupe odvajeni su taloženjem 20 % natrijumhidroksidom, a hemijski elementi IV analitičke grupe taloženjem natrijumkarbonatom.
3. Gvoždje, neki alkalni elementi i retke zemlje odvajeni su višestrukim dejstvom vruće vode i HCl na mineralni ostatak uzorka i natrijumkarbonata (postupak "leaching").

4. Cezijum je odvejen od rubidijume i kelijume posle odvejenja III i IV anelitičke grupe, telozenjem AFM, specifičnim za telozenje cezijume (BIORAD, AM-1; kapaciteta 1,2 meq Cs po g AFM pri pH 4, odnosno 1 g AFM teloži 159,6 mg Cs).

Najverovatnije je da isteloženo jedinjenje ima oblik $Cs_3 \cdot PO_4 \cdot x \cdot MoO_3 + 3H_2O$.

5. Cezijum je potpuno odvejen od rubidijume i kelijume, pošto je nestalo jedinjenje $Cs_3 \cdot PO_4 \cdot x \cdot MoO_3 + 3H_2O$ adsorbovano na azbestu BiO REX B-2138 koji je prečišćen i ispran u kiselini. Kluiranje cezijume je izvedeno zasućenim rastvorom natrijum-hidroksida.

6. Izvojeni cezijum je teložen NaTFB, kao cezijumtetrafenilborat ($CsTFB$) -jednačine 1 :



7. Grevimetrijski faktor za izračunavanje mase izvojenog cezijume je - jednačine 2 :

$$G.F = \frac{Cs}{Cs[(C_6H_5)_4B]} = 0,294 \dots \dots \dots /2/$$

8. Izvojeni $CsTFB$, koji sadrži $^{137}Cs + ^{137m}Ba$, meren je na brzojeću efikasnom za beta zračenje. Dobijeni odbroj (R) imp s^{-1} korigovan je na osnovno zračenje (R_0), samosorpcija (F_{ss}), sadržaj mineralnog osetke (P), efikasnost brojače (ϵ_p), masa rastvorenog mineralnog osetke (D), hemijski prinos (Y %), a rezultat je izrežen kao aktivnost (A_s) u Bq kg^{-1} svežeg uzorka (jednačine 3) :

$$A_s = \frac{(R - R_0) \cdot P \cdot F_{ss}}{\epsilon_p \cdot D \cdot Y} [Bq \cdot kg^{-1} \text{ svežeg uzorka}] /3/$$

Optimalni uslovi za izvođenje metode su : - 30 mg izotopnog nosača; - 250 mg smonfosformolibdate; - 5 ml 3 % NaTFB; - 30 -45 min vreme telozenja; - 20°C temperature telozenja; - pH 11-12.

U eksperimentima sa čistim nosačem dobijen je hemijski prinos od 98,7 %. U probama u prisustvu nosača, AFM i azbesta, prinos je pod istim uslovima 92,7 %, a u prisustvu i poznate aktivnosti Cs-137 (2 Bq) prinos je 78,3 %. Prinos je uvek veći kada se ceo postupak telozenja izvodi u polietilenskim sudovima. Greške metode je 7,8 %. Osetljivost metode je 0,2 Bq. U ovom

slučaju radiohemijski prinos je 60,1 % , a greška metode je 14,6 % .

Teloženje kalijuma NaTFB , pod istim uslovima (pH sredine 1-2 ili 11-12; 30 mg K + 5 ml 3% NaTFB) je nepotpuno, a u prisustvu AFM i azbesta, posle eluiranja adsorbovanog jedinjenja, u elustu, reakcija na kalijum je negativna, ukoliko je bilo 30 mg kalijuma . Ako je masa kalijuma od 30-60 mg, taloži se do 10% kalijuma, ali ako je masa kalijuma veća od 60 mg (na primer, 100-150 mg) tada se taloži i do 35,6 % kalijuma . Ovo je značajno s obzirom na različite uzorke biosfere, od kojih mnogi sadrže baš ovaj red veličine kalijuma . Tako, na primer, hreniva za živinu sadrže oko 150 mg kalijuma po gramu mineralnog ostatka . Kod takve vrste uzoraka izdvojeni cezijum-137 meri se i gema-spektrometrijskom metodom ili se postupak taloženja ponavlja rastvaranjem izdvojenog ^{133}Cs + $^{137}\text{Cs}(\text{TFB})$ u acetonu .

Ekperimenti na sintetskoj smeši živinskog mesa sa poznatom aktivnošću (2 Bq) ukazuju da je rastvaranje sintetske smeše najbolje u 2 N HNO_3 , a da je taloženje hidroksida i karbonata (III i IV oksidacione grupe) obavezno . Postupkom mešanja na magnetnoj mešalici postignuto je maksimalno taloženje cezijuma AFM i njegove adsorpcije na azbestu, a znatne količine kalijuma (250 mg) nisu predstavljale smetnju . Radiohemijski prinos u ovom slučaju je 87,6 % ($\pm 10,7$ %), ako je temperatura oko 20° C, a vreme taloženja nije duže od 45 minuta . Izdvajanje cezijuma-137 je provereno i gema-spektrometrijskom metodom .

Ekperimenti na mineralnom ostatku uzoraka nemirnice i hreniva ukazuju da je potrebno 20 mg mineralnog ostatka da bi se dobili rezultati sa greškom do 17 % . Vreme izvođenja analize je oko 2 h .

Rezultati i diskusije

Na preko 200 uzoraka nemirnice životinjskog porekla i hreniva proverena je prikazana metoda . Kod jednog dela uzoraka ređene su po tri paralelne probe istog mineralnog ostatka, naročito kada je sadržaj kalijuma veći od 5 %* u uzorku . Rezultati su uglavnom reproduktivni u granicama greške metode . Cezijum-137 i kalijum-40, odnosno ukupen kalijum određeni su i γ -spektrometrijskom metodom na $\text{NaJ}(\text{Tl})$ detektoru i 1024 kanalnom analizatoru,

* 5 % = 5 g K kg^{-1} svežeg uzorka

naravno pro radiohemijske separacije cezijuma-137 .

U ovom redu dati su rezultati odredjivanja ceziju-
 NaTFB i γ -spektrometrijskom snelizom [$Bq\ kg^{-1}$
 me-137 pomoću u jestivom delu jeje, mesu (belom i crnom) broj-
 svežeg uzorka] lera i no silje, u zobi, dopunskim i potpunim krmnim smešama za
 intenzivan uzgoj živine (Tab. 1) . U istoj tabeli dat je i sedr-
 šej kalijuma % za iste uzorke . Prikezeni rezultati predstsv-
 ljeju srednje vrednosti (n=10) sa standardnom devijacijom .

Rezultati testiranja srednjih vrednosti (T-test;
 $P=0,05$) za cezijum-137, ukazuju da nema značajnih statističkih
 razlike s obzirom na korišćenu metodu . Koeficijenti varijacije
 su od 10,4 % do 16,6 %, što govori o dobroj statističkoj distri-
 buciji i valjenosti korišćenih metoda .

Zaključak

Na osnovu postignutih rezultata konstatuje se da je
 prikezena metoda primenljiva za izdvajanje ^{137}Cs iz svih uzoraka
 biosfere, s naročito onih sa povećanim sadržajem kalijuma .

Abstract

A method of Cesium-137 is extraction from nutrim-
 ents and feeds by means of sodiumtetraphenylborate (NaTFB-kalig-
 nost) is presented . It is performed in the presence of isotope
 carrier ^{137}Cs , amonphosphormolybdate /BIO RAD AMP-1/ and asbestos
 /BIOREX B-2138/. The sensitivity of the method was 0.2 Bq, radio-
 chemical yield was 60.1 - 78.3 % and the error was from 7.8 to
 14.6 % .

In nutriments and feeds where the ^{137}Cs content was
 exceptionally high, the results were obtained with an error that
 amounted up to 17 % . In respect to the gamma spectrometric ana-
 lysis the results were in the limits of statistical error of the
 measurement .

Bibliografija

1. HAHLEY Y. EDITOR :Manual of Standard Procedures Health and
 Safety Laboratory; Second Issuance 1963-1974.
2. PERSSON B.R. : Doctoral Thesis; Univers.Lund, Sweden, 1970.

TAB br.1

CEZIJUM-137 [Bq kg⁻¹ svežeg uzorka] i K [%]
 U JAJIMA, MESSU I HRANIVIMA

VRSTA UZORKA	Cezijum - 137		Kalcijum	
	Cezijum određen	\bar{f} -spektromet.		
JAJA	Belance	0,48 ± 0,05	0,36 ± 0,04	1,51 ± 0,16
	Žumanca	0,13 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,90 ± 0,17
M E S O	Belje	0,47 ± 0,07	0,39 ± 0,05	3,55 ± 0,30
	Crno	0,33 ± 0,05	0,30 ± 0,04	2,81 ± 0,22
N O S I J E	Belje	0,41 ± 0,06	0,36 ± 0,05	2,99 ± 0,49
	Crno	0,29 ± 0,04	0,26 ± 0,03	2,75 ± 0,31
Z O B		0,97 ± 0,15	1,03 ± 0,17	5,95 ± 0,76
	Brojlari	7,80 ± 1,00	6,85 ± 0,81	23,72 ± 3,99
Dopunske šerme	Nosilje	12,90 ± 2,18	10,80 ± 1,80	39,11 ± 6,47
	Brojlari "starter"	0,78 ± 0,12	0,70 ± 0,10	13,76 ± 1,45
• • • • • • • • • •	Brojlari "finder"	0,85 ± 0,14	0,77 ± 0,10	8,92 ± 1,13
	Nosilje	1,15 ± 0,18	1,11 ± 0,15	9,84 ± 1,21
		7,25 ± 0,99	5,77 ± 0,75	

GODIŠNJA DOZA KOJU PRIMA STANOVNIŠTVO
SR HRVATSKE HRANOM

Alica Bauman, Jadranka Kovač,
Nevenka Lokobauer, Marica Juras

Institut za medicinska istraživanja
i medicinu rada, Zagreb

Od početka nuklearnih eksperimenata do kraja 1980. godine do kada je sakupljen inventar ukupnog broja nuklearnih eksplozija u okolišu⁽¹⁾, registrirano je više od 800 eksplozija, sa više od 325 kT fisionog materijala. Uloga fisionog materijala, prvenstveno Sr-90 i Cs-137 kao izvora radijacijske kontaminacije čovjekovog okoliša temelji se na $T_{1/2}$ od približno 30 godina, te time znatno utječu na ravnotežu ekološkog sistema⁽²⁾. Kretanje Sr-90 i Cs-137 u okolišu analizirao je UNSCEAR⁽³⁾, te prema njima ukupna količina depozicije radionuklida na geografskoj širini od 40°-50°N iznosi za Sr-90 3,149 GBq/km², a za Cs-137 4,955 GBq/km².

U ovom radu prikazani su mogući putevi ekspozicije ljudskog organizma dugoživućim fisionim produktima⁽⁴⁾. Jedan od takvih mogućih puteva ekspozicije je ingestijom hrane, pa su zato korišteni modeli za izračunavanje primljene doze pojedinca u populaciji SR Hrvatske^(5,6).

MODELI

U ovom radu obrađeni su Sr-90 i Cs-137 porijeklom iz nuklearnih eksperimenata. Deponiraju se iz padavina u okoliš, prvenstveno u tlo. To znači da daljnji ekološki putevi ovise primarno o količini i koncentraciji padavina tokom jedne kalendarske godine. Kod ispitivanja vršenih u SR Hrvatskoj uzeta su u obzir ispitivanja na podzolnim tipovima tla, kod kojih se deset puta više Cs-137 translocira u biljku nego li kod drugih tipova tla^(5,7). Ta okolnost veoma utječe na ukupan transfer radionuklida u biljku.

Kod izračunavanja doze primijenjena su dva modela. Prvi model uključuje ispitivanja transfera Sr-90 i Cs-137 u nizu: kišnica-tlo-vegetacija-mlijeko na danoj lokaciji⁽⁵⁾.

Na temelju vlastitih eksperimentalnih podataka dobivene su vrijednosti u tablici 1.

TABLICA 1. Faktori transfera za Sr-90 i Cs-137 u nizu
kišnica-tlo-vegetacija-mlijeko u SR Hrvatskoj

godina	Sr-90			Cs-137		
	$T_{F_{1,2}}$	$T_{F_{2,3}}$	$T_{F_{3,4}}$	$T_{F_{1,2}}$	$T_{F_{2,3}}$	$T_{F_{3,4}}$
1966	83,14	1,99	0,003	148,19	0,83	0,005
1977	170,58	1,44	0,002	1572,67	0,05	0,006
1980	463,39	1,09	0,002	717,91	0,23	0,004

gdje je: $F_{1,2}$ =tlo/kišnica, $F_{2,3}$ =trava/tlo, $F_{3,4}$ =mlijeko/trava (dnevno unošenje) za Sr-90, odnosno Cs-137.

Drugi model izračunat je na temelju podataka UNSCEAR-a⁽³⁾. Kao baza služe diskriminacioni faktori, a izraženi su kao odnos Sr-90/g Ca i Cs-137/g K za: 1.trava/tlo, 2.mlijeko/trava i 3. povrće/tlo. Kako transfer Sr-90 i Cs-137 u ekološkom ciklusu znatno ovisi o mogućnosti zamjene Sr-90 s Ca i Cs-137 s K, ovakav način prikazivanja pruža realniju sliku pravog stanja. Na temelju vlastitih eksperimentalnih podataka dobivene su vrijednosti u tablici 2.

TABLICA 2. Diskriminacioni faktori za Sr-90 i Cs-137 u
prehrambenom nizu na području SR Hrvatske

godina	Sr-90			Cs-137		
	D_{F_1}	D_{F_2}	D_{F_3}	D_{F_1}	D_{F_2}	D_{F_3}
1966	0,56	0,38	0,22	0,61	0,07	3,23
1977	1,34	0,30	0,45	0,14	0,25	0,14
1980	0,68	0,28	0,71	0,19	0,26	0,14

Na temelju podataka za Sr-90 u mlijeku, dobivenih eksperimentalnim putem dan je postupak za procjenu ukupnog unošenja Sr-90 izrazom:

$$D_i = M_i + f \cdot M_{i-1}$$

gdje je " M_i " izmjereni Sr-90 unesen u organizam mlijekom tokom vremenskog perioda "i", dok je " $f \cdot M_{i-1}$ " procijenjeno unošenje Sr-90 u hrani na temelju nivoa mlijeka u predhodnom vremenskom periodu "i-1" (za vrijeme niskog fallouta $f = 1,4$).

Iz formule su dobivene vrijednosti za ukupno unošenje Sr-90 hranom izračunate iz mlijeka. Na isti način izračunata je količina Cs-137/g K.

TABLICA 3. Koncentracija Sr-90 u mBq/g Ca (D_1) i Cs-137 u Bq/g K (D_2) u ukupnoj dijeti

godina	Sr-90 (D_1)	Cs-137 (D_2)	UNSCEAR (D_2)
1966	965,58	10,878	8,880
1977	477,30	0,502	0,636
1980	407,74	1,136	nema podataka

Svi do sada prikazani podaci potrebni su za izračunavanje interne doze zračenja koju pojedinac u populaciji SR Hrvatske prima ishranom. Doza koju prima unošenjem fisionih produkata Sr-90 i Cs-137 u organizam (D^C) izračunata je iz formule^(8,9):

$$D^C = T_{F_{2,3,4}} \cdot T_{F_{4,5}} \cdot F$$

gdje je $T_{F_{2,3,4}}$ faktor transfera koji povezuje količinu depozicije radioaktivne kontaminacije u organizam i kvocijenta Sr-90/Ca u kosti, odnosno kvocijent Cs-137/K u mišićnom tkivu. $T_{F_{4,5}}$ je faktor transfera koji povezuje dozu sa cijelom kosti ili^{4,5} mišićjem, a F je gustoća depozicije za sve nuklearne eksplozije do kraja 1975 godine. U nanlizu nisu uključeni podaci za dozu primljenu pitkom vodom i udisanjem zraka, jer se vodom unosi najmanji postotak od ukupne aktivnosti.

TABLICA 4. Doza u μ Gy koju pojedinac u populaciji SR Hrvatske prima unošenjem Sr-90 hranom u organizam

godina	dnevno		365 dana	
	selo	grad	selo	grad
1966		2,1	766,5	
1977	1,90	1,4	693,5	511,0
1980	0,96	1,3	350,4	485,9

TABLICA 5. Doza u μ Gy koju pojedinac u populaciji SR Hrvatske prima uhošenjem Cs-137 hranom u organizam

godina	dnevno		365 dana	
1966	0,11		40,0	
	selo	grad	selo	grad
1977	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	10,6	13,5
1980	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	13,1	17,2

ZAKLJUČAK

Na bazi dobivenih podataka izračunata je doza zračenja u μ Gy koju prima pojedinac u populaciji SR Hrvatske putem hrane dnevno i godišnje. Značajno je za SR Hrvatsku da je došlo do diferencijacije u ishrani tokom 70-tih godina kod seoskog i gradskog stanovništva.

Kod Sr-90 i Cs-137 primijećuje se sniženje doze od 1966 godine do 1977 godine. Kod Sr-90 nastavlja se pad i 1980 godine, međutim Cs-137 pokazuje lagani porast.

Primijećuje se da je primljena doza kod gradskog stanovništva u 1980 godini viša nego li kod seoskog, pa tu činjenicu treba pomno u buduće pratiti.

SAŽETAK

Na temelju višegodišnjih podataka izračunata je godišnja doza zračenja koju prima seosko i gradsko stanovništvo u SR Hrvatskoj. Doza je računata na temelju translokacije fisionih produkata Sr-90 i Cs-137 tokom zadnjih petnaest godina.

SUMMARY

THE ANNUAL DOSE RECEIVED BY THE POPULATION THROUGH FOOD CONTAMINATION IN CROATIA

On the basis of long term data collected for food contamination, the annual dose received by the individual in the rural and city population of Croatia was calculated for Sr-90 and Cs-137.

LITERATURA

1. Carter M., Moghissi A.:
Thirty years of nuclear tests, 33 (1977) 55.
2. Moisejev A.A., Ranzajeva P.V.:
Cezij-137 u biosferi, Moskva, Atomizdat (1975).
3. United Nations 1977 "Sources and Effects
of Ionizing Radiation" in Report of the U.N.
Scientific Committee on the Effects of Atomic
Radiation to the General Assembly with Annexes.
Sales No E 77 IX 1 N.Y./U.N.
4. Bauman A., Frančić N., Juras M., Baumštark M.:
Radioaktivnost hrane u mirnodopskim uslovima,
Hrana i ishrana XX (1979) 41.
5. Heine K., Wiechen A.:
Untersuchungen zum Cs-137 Übergang in der
Nahrungskette Boden-Bewuchs-Milch an einem
gegebenem Standort.
Milchwissenschaft 34 (1979) 5.
6. Bennett B.G.:
Sr-90 in Human Diet. Results through 1975.
p. I-95-I 144 in Health and Safety Laboratory
Quarterly Report HASL 308, N.Y. (1976).
7. Bauman A., Juras M., Sokolović E., Stampf Dj.:
Raspodjela radionuklida u tlu,
Arhiv za higijenu rada i toksikologiju,
Vol. 31 (1980) 3.

8. Spiers F.W.:
Radioisotopes in the Human Body:
Physical and Biological Aspects,
Academic Press, N.Y. London (1968).
9. Hoffman F.O., Baes Ch.F. III:
A Statistical Analysis for Predicting Food
Chain Transport and Internal Dose of Radio-
nuclides,
NUREG/CR-1004 ORNL/NUREG/TM-282, Oct. (1979).

XI. Jugoslavenski simpozijum o zaštiti od zračenja

Portorož, 21. - 24.04.1981.

A. Vertačnik i S. Lulić

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

DISTRIBUCIJA ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J i ^{137}Cs IZMEDJU MORSKE VODE I SEDIMENATA

Odredjeni su koeficijenti distribucije radionuklida ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J i ^{137}Cs izmedju morske vode i recentnih sedimenata srednje Jadranskog akvatorija. Utvrđeno je da u slučaju simultane kontaminacije morske vode navedenim izotopima i fenolom ne dolazi do promjena u stupnju adsorpcije radionuklida na morske sedimente.

UVOD

Ispitivanje distribucije radionuklida iz "fallouta" i radioaktivnog otpada izmedju sedimenata i morske vode objavljeno je u više radova, čiji iscrpan pregled daje Duursma (1). U ovom radu zainteresirala nas je sudbina navedenih radionuklida u sistemu more-sedimenti srednje Jadranskog područja, te mogući utjecaj simultano prisutnog industrijskog zagadjivača fenola na sorpciju tih radionuklida.

EKSPERIMENTALNI DIO :

Uzorci morskih sedimenata uzeti su na tri postaje na srednjem Jadranu sa površinskog sloja debljine 0 - 1 cm i konzervirani u plastičnim posudama. Sediment sa postaje 1. je vrlo sitni pijesak, sediment 2. je krupni pijesak, dok u sedimentu sa postaje 3. ima glinenog materijala. Postotak vlage odredjen je sušenjem na 378°K (105°C). Morska voda uzorkovana je na istom mjestu, filtrirana kroz $0,45\ \mu\text{m}$ Millipore filter i analizirana pomoću NAA i klasičnih kemijskih metoda (Tabela 1.).

U morsku vodu dodavani su radionuklidi i to ^{51}Cr u obliku NaCrO_4 , te smjesa radionuklida Co , Zn , J , i Cs , tako da je početna radioaktivnost mililitra mora bila :

$^{60}\text{Co}(\text{CoCl}_2)$	22 imp/s
$^{65}\text{Zn}(\text{ZnCl}_2)$	523 imp/s
$^{131}\text{J}(\text{NaJ})$	1480 imp/s
$^{137}\text{Cs}(\text{c.f.})$	76 imp/s
$^{51}\text{Cr}(\text{NaCrO}_4)$	1900 imp/s

TAB 1. Kemijski sastav morske vode pomoću NAA
i kemijskih metoda (g/l)

K	0,540
Na	8,780
Mg	1,315
Ca	0,427
Cl	19,179
Br	0,040
Sr	5,50-03
Co	7,03-05
Zn	1,63-05
TeJ	8,39-04
Cs	1,39-04
suspendirane tvari	0,030

Određivanje koeficijenta distribucije izvršeno je tehnikom suspenzije koja najbolje simulira prirodne procese. U polietilenske posude odvagano je po 0,5000 g sedimenta i dodano je 100 ml kontaminiranog mora, tako da je omjer voda : sediment bio 200 : 1. U određenim vremenskim intervalima prekidano je mućkanje, jedan mililitar mora je filtriran i mjerena je preostala radioaktivnost na Ge(Li) brojaču sa 4096 višekanalnim analizatorom "Canberra" 8180. Koeficijenti distribucije izračunati su pomoću formule :

$$K_d = \frac{A_0 - A_{i,t}}{A_{i,t}} \cdot \frac{V}{m_i}$$

gdje je A_0 - aktivnost slijepe probe (imp/s ml), $A_{i,t}$ - aktivnost uzorka i u času t (imp/s ml), V - volumen vode (ml), m - masa sedimenta (g), t - vrijeme kontakta vode i sedimenta (dani).

REZULTATI I DISKUSIJA

Ravnotežni koeficijenti distribucije radionuklida za pojedine postaje prikazani su na Tabeli 2. Vidljivo je da sediment sa postaje 3. pokazuje najbolje sorpcijske sposobnosti, dok sediment sa postaje 2. slabije veže ispitivane radionuklide.

TAB 2. Ravnotežni koeficijenti distribucije

Radionuklid	Sediment 1.	Sediment 2.	Sediment 3.
^{51}Cr	10,7	3,0	2,6
^{60}Co	330	191	599
^{65}Zn	1412	583	1953
^{131}J	7,9	0	3,8
^{137}Cs	94	88	109

Dinamika sorpcije radionuklida na sedimente 1. i 3. iz morske vode i morske vode sa visokom koncentracijom industrijskog zagadjivača fenola prikazana je na Tabeli 3. Pokusi su izvedeni i sa nižim koncentracijama fenola, ali je ovdje prikazan samo granični slučaj direktnog zagadjenja na ispitivanom području.

TAB 3. Ovisnost K_d ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J i ^{137}Cs o vremenu kontakta i koncentraciji fenola (mg/l)

Vrijeme	Sediment 1.									
	^{51}Cr		^{60}Co		^{65}Zn		^{131}J		^{137}Cs	
	0	500	0	500	0	500	0	500	0	500
1 d	7,0	7,9	117	107	413	410	5,4	2,7	84	82
2 d	10,4	8,7							92	86
3 d	10,7	17,7	186	117	739	924	3,6	29,7	94	89
5 d			200	544	925	1010	2,1			
7 d			374	247	1375	1483	2,9	12,8		
9 d			330	396	1412	1480	7,9	6,8		

TAB 3. (nastavak)

Vrijeme	Sediment 3.									
	^{51}Cr		^{60}Co		^{65}Zn		^{131}J		^{137}Cs	
	0	500	0	500	0	500	0	500	0	500
1	2,5	3,6	122	32	650	580	36,8	28,6	110	108
2	1,4	0							111	110
3	2,6	6,4	220	338	1166	1093	13,4	27,8	109	110
5			793	344	1227	1400	6,2			
7			404	324	1691	1615	0	5,2		
9			599	334	1953	1697	3,8	17,4		

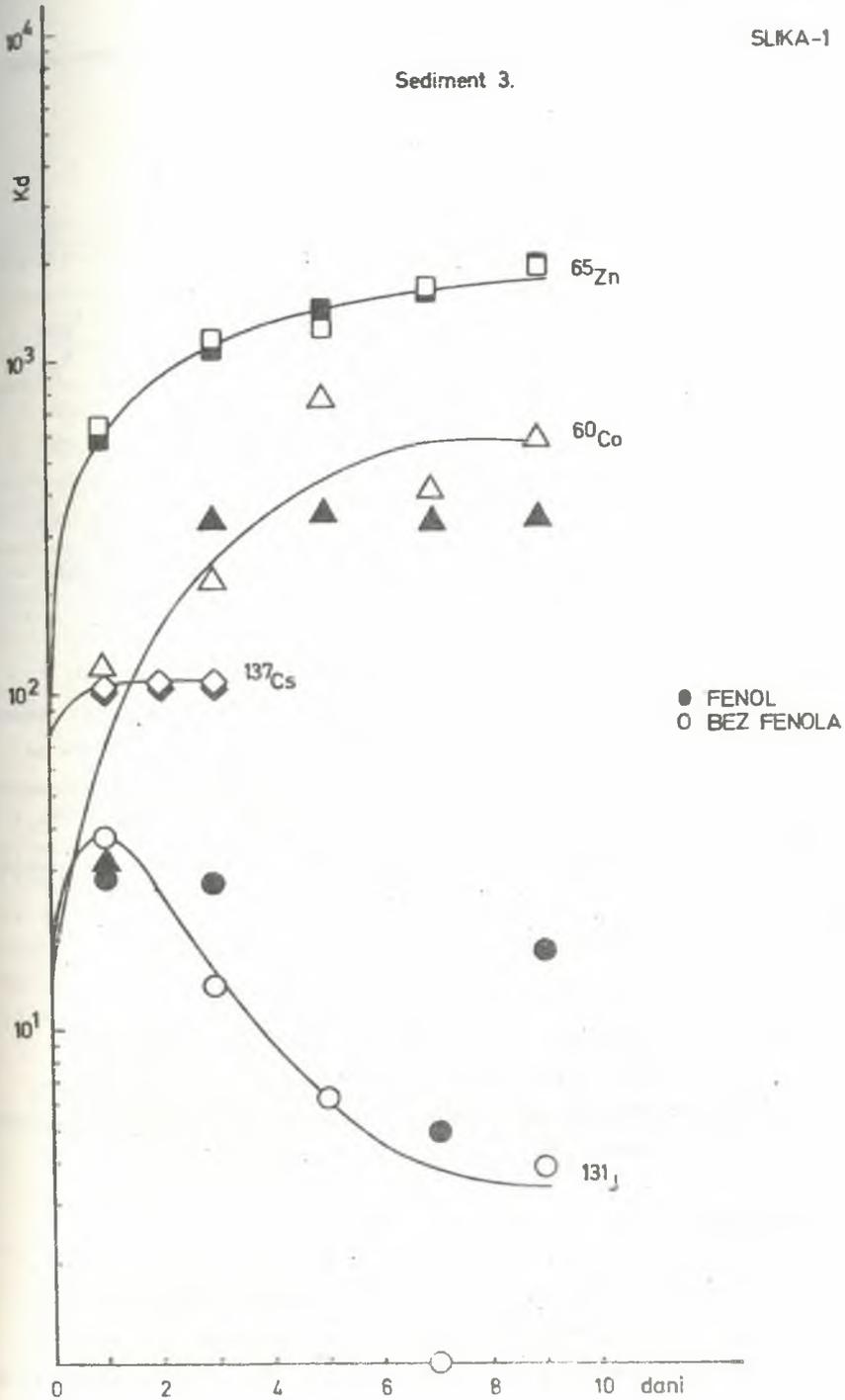
Radionuklid ^{51}Cr unesen je u sistem u obliku aniona (CrO_4^{2-}) koji se vrlo slabo veže na sedimente mehanizmom fizikalne adsorpcije. Rndi toga su dobijene niske vrijednosti K_d uz veliki rasap rezultata.

Koeficijenti distribucije ^{60}Co prikazani na Tabeli 3. dobijeni su u pokusima kada su u morskoj vodi bili istovremeno prisutni i drugi ispitivani radionuklidi. Pokusi su tako postavljeni zbog realne mogućnosti zagadjenja mora različitim radionuklidima. Koeficijenti distribucije, odnosno sorpcije su niže nego u slučaju zagadjenja mora samo s ^{60}Co , kada su ravnotežni K_d za sediment 1. 1540, odnosno 31700 za sediment 3. Iz rezultata se može zaključiti da u prisutnosti drugih radionuklida i njihovih nosača dolazi do kompeticije za mjesta na površini i smanjenja koeficijenata distribucije. Iz rezultata se također može zaključiti da u morskoj vodi velike ionske jakosti, fenol nema utjecaja na stepen sorpcije ^{60}Co i ^{65}Zn . Cink pokazuje veliki afinitet za površine sedimenta, a ravnotežna distribucija se uspostavlja nakon više dana kontakta morske vode i sedimenta.

^{131}J u obliku J^- veže se slabim fizikalnim vezama na čestice sedimenta. Iz rezultata su vidljivi niski koeficijenti distribucije i desorpcija ^{131}J sa površina čestica tokom višednevnog kontakta sedimenta i morske vode. Iz rezultata se također može zaključiti da visoke koncentracije fenola pogoduju sorpciji ^{131}J . (slika 1).

Carrier-free ^{137}Cs uspostavlja ravnotežnu distribuciju u roku jednog dana kontakta sa sedimentom radi ionsko izmjenjivačkog mehanizma sorpcije. Iz rezultata u Tabeli 3. vidljivo je da fenol ne utječe na distribuciju ^{137}Cs .

Sediment 3.



U Tabeli 4. prikazane su ukupne količine radionuklida vezanih na gram sedimen-
ta nakon uspostavljanja ravnoteže.

TAB 4. Radioaktivnost vezana na gramu sedimenta (imp/s g)

	Sediment 1.			Sediment 2.		
	Konc. fenola (mg/l)		$\frac{A_{500}}{A_0}$	Konc. fenola (mg/l)		$\frac{A_{500}}{A_0}$
	0	500		0	500	
^{60}Co	5516	5101	0,925	4836	5609	1,160
^{65}Zn	147264	155969	1,059	230549	212745	0,923
^{131}J	36064	37206	1,032	38894	46304	1,191
^{137}Cs	4853	4794	0,988	5747	5340	0,929
Ukupno	193697	202890	1,048	280026	269998	0,964

Iz rezultata je vidljivo da se adsorbirane količine pojedinih radionuklida iz mora i mora sa 500 mg/l fenola razlikuju za nekoliko postotaka za isti sediment. Ukupne količine vezanih radionuklida ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J , i ^{137}Cs variraju u okviru $\pm 5\%$ od onih vezanih na sediment iz mora sa 500 mg/l fenola, što je u granicama eksperimentalne greške, pa se može zaključiti da u slučaju simultanog zagađivanja mora s ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J , ^{137}Cs i fenolom ne dolazi do promjena u stupnju adsorpcije na sedimente srednjeg Jadrana.

SUMMARY

Distribution coefficients for mixture of ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{131}J , ^{137}Cs and ^{51}Cr between seawater and middle Adriatic sediments were determined by using suspension technique and Ge(Li) crystal with 4096 multichannel analyser. It was found that seawater pollution with phenal caused no change in K_d 's of these raduonuclides.

LITERATURA :

1. E.K. Duursma, D. Eisma : Theoretical, experimental and field studies concerning reactions of radioisotopes with sediments and suspended particles of the sea, Part C: Applications to field studies, IAEA Publ. No.32, Vienna, 1972.

XI. Jugoslovanski simpozij iz zaščite pred sevanji
Portorož, 21. - 24.4.1981

R.Martinčič, J.Marsel, U.Miklavžič, A.Stanovnik
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

EKOLOŠKI LABORATORIJ Z MOBILNO ENOTO

V primeru okvar in nesreč, pri katerih uidejo v okolje neznanne škodljive snovi, je samo s hitro in učinkovito akcijo možno preprečiti hude posledice v okolju. V ta namen je na Institutu "Jožef Stefan" osnovan "Ekološki laboratorij z mobilno enoto". Po zasnovi in opremi je laboratorij namenjen hitri identifikaciji nevarnih kemikalij in (ali) radioaktivnih snovi v okolju. Mobilna enota, ki je ustrezno opremljena, lahko v nekaj urah posreduje v razdalji do 200 km. Dodatna vrhunska oprema v stacionarnih laboratorijih omogoča celovito analizo "dogodka".

Opisana je organizacija in opremljenost takega radioekološkega laboratorija z mobilno enoto ter trenutno stanje na tem projektu.

Vse večja proizvodnja, predelava, prevoz in raba nevarnih in škodljivih snovi (razne kemikalije, radioaktivne snovi) v gospodarstvu, zdravstvu, v raziskavah, kakor tudi v vsakdanjem življenju predstavlja stalno nevarnost za onesnaženje človekovega delovnega in bivalnega okolja s temi snovmi. Ker si življenja v tehnološko razvitem svetu ni več možno predstavljati brez teh snovi, je potrebno zagotoviti vse potrebno za varno rokovanje z njimi.

Zato je potrebno:

- že pri načrtovanju naprav, v katerih poteka proizvodnja, predelava, prevoz in raba nevarnih in škodljivih snovi, upoštevati vse varnostne ukrepe, ki zagotavljajo čim manjše (povsem izogniti se mu ne moremo) izhajanje nevarnih snovi v okolje,
- zagotoviti kvalitetno merilno omrežje, ki stalno nadzoruje delovanje zgoraj omenjenih naprav in opozarja v primerih, ko naprava več ne deluje varno; to omogoča hitro ukrepanje in preprečevanje posledic.

Iz vsakdanjega življenja vemo, da tudi pri napravah, ki so grajene po strogih varnostnih normativih, lahko pride do okvar in nesreč, pri katerih uidejo v okolje velike množine škodljivih snovi (avtomobilske in železniške cisterne, tankerji, rafinerije, petrokemijski in drugi kemijski obrati, jedrske elektrarne). V takih primerih je samo s hitro in učinkovito akcijo možno preprečiti hude posledice. V ta namen je na Institutu "Jožef Stefan" osnovan "Ekološki laboratorij z mobilno enoto". Po zasnovi in opremi je laboratorij namenjen hitri identifikaciji nevarnih kemikalij in (ali) radioaktivnih snovi v okolju. Funkcionalno je sestavljen iz dveh organizacijsko povezanih delov:

- a) iz mobilne enote (intervencijske ekipe), ki ustrezno opremljena, lahko v nekaj urah posreduje v razdalji do 200 km in
- b) iz stacionarnih laboratorijev, ki s svojim širokim strokovnim ozadjem ter vrhunsko opremo omogočajo analizo "dogodka".

Takšna celovita analiza je za uspešno imobilizacijo nezgode, za ugotavljanje dejanske škode, posledic in odgovornosti vsekakor potrebna, možna pa le z interdisciplinarnim strokovnim pristopom v laboratorijih. Zato bo laboratorij sodeloval tudi z drugimi organizacijami izven instituta, ki se ukvarjajo z ugotavljanjem kvalitete okolja in z njegovim varovanjem: odvisno od situacije bo sodeloval z zdravniki, hidrologi, biologi, meteorologi in drugimi.

Ker mora biti osebje ekološkega laboratorija z mobilno enoto sestavljeno tako, da bo vsakokratna sestava ekipe čimbolj odgovarjala vrsti onesnaženja življenjskega okolja, o vsakokratni sestavi mobilne enote odloči vodja ekološkega laboratorija z mobilno enoto po vnaprej pripravljenem planu ter na osnovi podatkov organov javne varnosti in drugih podatkov.

Trenutno je ekološki laboratorij z mobilno enoto opremljen takole:

- a) v sestavi ekološkega laboratorija so naslednji specializirani laboratoriji IJS:

- laboratorij za masno spektrometrijo
- laboratorij za gama spektrometrijo
- laboratorij za plinsko kromatografijo
- laboratorij za atomsko absorpcijsko spektrometrijo
- laboratorij za visokoločljivostno tekočinsko kromatografijo

b) V sestavi mobilne enote je vozilo TAM 60 A5, ki je opremljeno takole:

- oprema v avtomobilu: merilniki za potrebe radiološke zaščite
zaščitna sredstva in obleke
osebni dozimetri
signalizacija in opozorilna oprema
- po potrebi pa še: indikatorske kalorimetrične cevčice
cianidna elektroda
oprema za zbiranje, filtriranje, fiksiranje
in hranjenje vzorcev

c) V svoji polni opremljenosti (predvidoma v 2. polovici leta 1982) pa naj bi bilo vozilo mobilne enote opremljeno še s:

- prenosnim spektrometrom gama za hitro kvalitativno identifikacijo sevalcev gama
- plinskim kromatografom za organske onesnaževalce
- prenosnim masnim spektrometrom
- meteorološko postajo s procesnim računalnikom
- telefonsko radijsko zvezo (z ekološkim laboratorijem, štabi CZ, TO in podobno)
- električnim generatorjem
- črpalkami za zrak in vodo
- žarometi za osvetlitev terena
- klimatsko napravo

Del te opreme bo v okviru UNDP dobavila Mednarodna atomska agencija z Dunaja.

Mobilna enota bo ob obvestilu o nezgodi takoj odšla na kraj nezgode in tam

- določila osnovne radiološke parametre (aktivnost beta, alfa in gama),
- zavarovala onesnaženo mesto in v skladu z inšpekcijskimi in upravnimi službami pripravila ukrepe za dekontaminacijo,
- zbrala in fiksirala vzorce zraka, vode, zemlje in bioloških materialov za podrobnejše nadaljnje raziskave v laboratorijih,
- obveščala o poteku akcije odgovorne upravne organe.

Medtem, ko mobilna enota trenutno lahko deluje le v okrnjeni verziji (še ni polno opremljena) pa sam ekološki laboratorij praktično lahko deluje v celoti, saj se vanj organizacijsko pove-

zani vsi tisti odseki znotraj Instituta "Jožef Stefan", katerih dejavnost je že sedaj povezana z ugotavljanjem radioaktivnih, kemičnih in bioloških onesnaževalcev v okolju. Z drugimi organizacijami izven Instituta, ki se prav tako ukvarjajo z ugotavljanjem kvalitete okolja in z njegovim varovanjem (Zavod za varstvo pri delu, Meteorološki zavod in drugi) ekološki laboratorij trenutno še ne sodeluje.

Abstract

In the present paper we present a short description of the organisation and equipment of the ecological laboratory with a mobile unit which is currently being developed at the Jožef Stefan Institute.

Mihailović Srbislav
Školski centar ABHO Kruševac

VELIČINE I JEDINICE KOJE SE KORISTE U NUKLEARNOM ORUŽJU I DETEKCIJI I DOZIMETRIJI RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA

Rezime

U ovom radu su obradjene sledeće veličine i njihove jedinice: aktivnost izvora radioaktivnog zračenja, doza zračenja, jačina doze zračenja, stepen radioaktivne kontaminacije površina i stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode. Takođe, izneti su novi termini u oblasti nuklearnog oružja i detekcije i dozimetrije radioaktivnog zračenja. Cilj ovog rada je da se ove veličine, jedinice i termini na jedinstven način tretiraju i primenjuju u ovim i u sličnim oblastima.

UVOD

Nuklearno oružje i detekcija i dozimetrija radioaktivnog zračenja su relativno mlade vojno-naučne discipline, koje se bave problemima delovanja i zaštite od delovanja nuklearnog oružja, problemima otkrivanja i merenja radioaktivnog zračenja i proučavanjem opasnosti od delovanja radioaktivnog zračenja na ljude. Ove vojno-naučne discipline se bave problemima koji mogu nastati kao posledica eventualne primene nuklearnog oružja u ratnim uslovima i uklapaju se i pripreme naše zemlje koje se u okviru opštenarodne odbrane vrše za vođenje rata i u tako teškim uslovima kao što bi bila primena nuklearnog oružja od strane agresora. U naukama u razvoju je od velike važnosti da se na jedinstven način primenjuju veličine, jedinice i termini, što u praksi nije uvek slučaj. Sem toga, od ove godine se za veći broj veličina u ovim oblastima koriste nove jedinice, a zamena starih jedinica novim treba da se vrši takođe na jedinstven način. Zbog toga su u ovom članku, na osnovu iskustva i novih propisa, iznete definicije osnovnih veličina i jedinica (TAB. 1) i novi termini (TAB. 2), koje bi trebalo jedinstveno primenjivati u ovim i u svim sličnim oblastima. Neke veličine su specifične zbog specifičnih uslova primene.

Na važnije veličine u oblasti nuklearnog oružja i detekcije i do-

zimetrije radioaktivnog zračenja su: aktivnost izvora zračenja, doza zračenja, jačina doze zračenja, stepen radioaktivne kontaminacije površina i stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode.

AKTIVNOST IZVORA RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA

Aktivnost izvora radioaktivnog zračenja (A) je jednaka broju radioaktivnih raspada jezgara u jedinici vremena.

Aktivnost karakteriše brzinu raspada radioaktivnog izvora.

U izvoru radioaktivnog zračenja je radioaktivni izotop, najčešće u vidu jedinjenja ili u vidu smeše sa stabilnim izotopima. Aktivnost je proporcijalna broju radioaktivnih atoma koje izvor sa- drži u datom trenutku. Zbog toga, aktivnost i količinski karakteriše radioaktivni izotop u izvoru radioaktivnog zračenja.

Najzad, aktivnost karakteriše opasnost od radioaktivnog zračenja izvora. Što je aktivnost izvora veća, opasnost od radioaktivnog zračenja, koje on emituje, je veća.

Jedinica aktivnosti izvora radioaktivnog zračenja je bekerel (Bq). Bekerel je aktivnost izvora radioaktivnog zračenja u kome se u jednoj sekundi desi jedan raspad. Stara jedinica aktivnosti je kiri (Ci). Za preračunavanje aktivnosti pri izražavanju preko nove jedinice, mogu se koristiti odnosi:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}, 1 \text{ mCi} = 37 \text{ MBq} \text{ i } 1 \mu\text{Ci} = 37 \text{ kBq}$$

Aktivnost izvora radioaktivnog zračenja opada u toku vremena. Vreme posle koga aktivnost izvora opadne na polovinu zove se VREME POLURASPADA ($t_{1/2}$). Vreme poluraspada je konstanta za odredjeni radioaktivni izotop.

Aktivnost, vrsta izotopa i njegovo vreme poluraspada su osnovne karakteristike izvora radioaktivnog zračenja.

DOZA ZRAČENJA

Doza zračenja (D) karakteriše štetno dejstvo koje radioaktivno zračenje vrši na organizam čoveka, pri njegovom izlaganju zračenju u toku odredjenog vremena. Doza zračenja se uvek odnosi na neki period vremena (dan, mesec, godina i td.).

Definiše se apsorbovana i ekspozična doza zračenja.

U oblasti nuklearnog oružja i detekcije i dozimetrije radioaktiv-

nog zračenja osnovna fizička veličina koja treba da se koristi kao doza zračenja je apsorbovana doza zračenja.

APSORBOVANA DOZA ZRAČENJA (D) je jednaka energiji zračenja koja se apsorbuje u jedinici mase ozračenog apsorbenta.

Jedinica apsorbovane doze je grej (Gy). Grej je apsorbovana doza zračenja pri kojoj se u jednom kilogramu apsorbenta apsorbuje energija od jednog džula. Stara jedinica apsorbovane doze je rad. Rad je apsorbovana doza zračenja pri kojoj se u jednom gramu mase apsorbenta apsorbuje energija zračenja od sto erga. Pri preračunavanju doze i izražavanju preko nove jedinice treba koristiti odnos (1 rad = 0,01 Gy).

Ekspoziciona doza (De) gama ili iks zračenja je jednaka naelektrisanju jona koji se stvore jonizacijom u jedinici mase vazduha. Jedinica ekspozicione doze je kulon po kilogramu. To je ekspoziciona doza gama ili iks zračenja, pri kojoj se u kilogramu vazduha stvore joni čije je naelektrisanje jednako jednom kulonu. Stara jedinica je rendgen. To je ekspoziciona doza gama zračenja pri kojoj se u kubnom santimetru vazduha (masa je 1,29 mg) pod normalnim uslovima stvore joni čije je naelektrisanje jednako jednoj elektrostatičkoj jedinici količine elektriciteta. Odnos stare i nove jedinice je:

$$1 \text{ r} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

Kada se radi o telu čoveka (meko tkivo) i u energetskom opsegu gama zračenja 0,1 - 2,5 MeV, postoji jednostavan odnos između ekspozicione i apsorbovane doze:

$$1 \text{ r} = 1 \text{ cGy} \text{ i } 1 \text{ mr} = 10 \mu\text{Gy}$$

Pri razvoju novih dozimetara doza treba da se izražava u novim jedinicama.

JAČINA DOZE ZRAČENJA

Jačina doze zračenja (J) je jednaka dozi u jedinici vremena. Jačina doze se uvek odnosi na jedinicu vremena. Jačina doze karakteriše opasnost od zračenja na nekom mestu. Ako se na nekom mestu, na kome je jačina doze (J) konstantna, ostaje za vreme t, primiće se doza:

$$D = J \cdot t$$

U oblasti nuklearnog oružja i **detekcije** i dozimetrije radioaktivnog zračenja, jačina doze se izražava preko jačine apsorbovane doze, pa se kao jedinica koristi grej na čas.

Jačina doze se meri detektorima radioaktivnog zračenja. Kod većine detektora radioaktivnog zračenja, koji se sada koriste u praksi, jačina doze se izražava u rendgenima na čas i milirendgenima na čas. Pri izražavanju jačine doze u novim jedinicama treba koristiti odnose:

$$1 \text{ r/h} = 1 \text{ cGy/h} \quad \text{i} \quad 1 \text{ mr/h} = 10 \mu\text{Gy/h}$$

Pri razvoju novih detektora radioaktivnog zračenja jačina doze treba da se izražava u novim jedinicama.

STEPEN RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE POVRŠINA

Stepen radioaktivne kontaminacije površina karakteriše radioaktivnu kontaminaciju tela čoveka, odeće, opreme, naoružanja, tehničkih sredstava i objekata, i opasnost od unošenja radioaktivnih kontaminanata u organizam, pri dodiru sa kontaminiranom površinom. U ratnim uslovima stepen radioaktivne kontaminacije površina se izražava preko jačine doze gama zračenja i meri se detektorima radioaktivnog zračenja. Kao jedinica se koriste miligrej na čas i mikrogrej na čas.

Stara jedinica stepena radioaktivne kontaminacije površina je bila milirendgen na čas. Pri izražavanju stepena radioaktivne kontaminacije preko nove jedinice treba koristiti odnos:

$$1 \text{ mr/h} = 10 \mu\text{Gy/h}$$

STEPEN RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE HRANE I VODE

Stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode karakteriše opasnost po organizam pri korišćenju hrane i vode kontaminirane radioaktivnim materijama.

Stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode se izražava specifičnom aktivnošću, tj. aktivnošću po jedinici mase. Jedinica stepena radioaktivne kontaminacije hrane i vode je bekerel po kilogramu ili litru.

Stara jedinica stepena radioaktivne kontaminacije hrane i vode je mikrokiri po kilogramu ili litru. Pri izražavanju stepena ra-

VELIČINE I JEDINICE

u oblasti nuklearnog oružja i detekcije i dozimetrije radioaktivnog zračenja

TAB. 1

VELIČINA	Simbol veličine	JEDINICA	Simbol jedinice	STARA JEDINICA	Simbol stare jedinice	VEZA STARE I NOVE JEDINICE	SREDSTVO KOJIM SE VELIČINA MERI
Aktivnost izvora radioaktivnog zračenja	A	BEKEREL	Bq	kiri mikrokiri	CI mCI μCI	$CI = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq $mCI = 3,7 \cdot 10^7$ Bq $\mu CI = 3,7 \cdot 10^4$ Bq	-
Doza zračenja	D	GREJ	Gy $(Gy = \frac{J}{kg})$	rendgen milirendgen rad rem	r(R) mr(mR) rad rem	$r = rad = 10^{-2}$ Gy = cGy $mr = mrad = 10^{-2}$ mGy = 10 μGy rad = 10 ⁻² Gy rem = 10 ⁻² Gy	KOMANDNI DOZIMETAR DK-500 LIČNI DOZIMETAR DL-M3 KOMANDNI DOZIMETAR DK-02
Jačina doza zračenja	J	GREJ NA ČAS MILIGREJ NA ČAS	Gy/h mGy/h	rendgen na čas milirendgen na čas	r/h (R/h) mr/h (mR/h)	$r/h = rad/h = 10^{-2}$ Gy/h = cGy/h $mr/h = mrad/h = 10^{-2}$ mGy/h = 10 μGy/h	DETEKTOR RADIOAKT. ZRAČENJA DR-M3 DETEKTOR RADIOAKT. ZRAČENJA DR-M11B TENKOVSKI DETEKTOR R/A ZRAČ. DRT-M21B
Stepen radioaktivne kontaminacije površine (preko jačine doze gama zračenja)	Jp	MILIGREJ NA ČAS MIKROGREJ NA ČAS	mGy/h μGy/h	milirendgen na čas	mr/h (mR/h)	$mr/h = mrad/h = 10^{-2}$ mGy/h = 10 μGy/h	DETEKTOR RADIOAKT. ZRAČENJA DR-M3 DETEKTOR RADIOAKT. ZRAČENJA DR-M11B
Stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode (preko specifične aktivnosti)	As	BEKEREL PO KILOGRAMU BEKEREL PO LITRU	Bq/kg Bq/l	mikrokiri po kilogramu mikrokiri po litru	μCI/kg μCI/l	$\mu CI/kg = 3,7 \cdot 10^4$ Bq/kg $\mu CI/l = 3,7 \cdot 10^4$ Bq/l	RADIOMETRIJSKA LABORATORIJA LR-M2

Autor tabele: potpukovnik Sribislav Mihaljević

NOVI TERMINI I JEDINICE U OBLASTI
 NUKLEARNOG ORUŽJA I DETEKCIJE I
 DOZIMETRIJE RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA

TAB. 2

Red. br.	NOVI TERMIN	ZASTAREO TERMIN
1	NUKLEARNO ORUŽJE	Nuklearna borbena sredstva
2	JACINA DOZE ZRAČENJA	Brzina doze zračenja Intenzitet zračenja
3	RADIOAKTIVNA KONTAMINACIJA	Radiološka kontaminacija
4	BEKEREL (nova jedinica za aktivnost izvora zračenja)	KIRI (stara jedinica za aktivnost izvora zračenja)
5	GREJ (nova jedinica za dozu zračenja)	RENDGEN (stara jedinica za dozu zračenja)
6	GREJ NA ČAS (nova jedinica za jačinu doze zračenja)	RENDGEN NA ČAS (stara jedinica za jačinu doze zračenja)
7	BEKEREL PO KILOGRAMU ILI LITRU (nova jedinica za stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode)	MIKROKIRI PO KILOGRAMU ILI LITRU (stara jedinica za stepen radioaktivne kontaminacije hrane i vode)
8	DETEKCIJA I DOZIMETRIJA RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA	RADIOLOŠKA DETEKCIJA I DOZIMETRIJA
9	VELIČINE I JEDINICE U OBLASTI DETEKCIJE I DOZIMETRIJE RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA	RADIOLOŠKE VELIČINE I JEDINICE
10	MAKSIMALNO DOZVOLJENA DOZA	DOZVOLJENA (TOLERANTNA) DOZA
11	DEKONTAMINACIJA RADIOAKTIVNIH MATERIJAH	RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA
12	ZEMLJIŠTE KONTAMINIRANO RADIOAKTIVNIM MATERIJAMA	RADIOLOŠKI KONTAMINIRANO ZEMLJIŠTE
13	IZVIDJANJE ZEMLJIŠTA KONTAMINIRANOG RADIOAKTIVNIM MATERIJAMA	RADIOLOŠKO IZVIDJANJE
14	MAKSIMALNO DOZVOLJENA GREŠKA MERENJA DR-M3 JE + 20%	DOZVOLJENA GREŠKA MERENJA DR-M3 JE + 20%
15	SIMULATOR RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA	SIMULATOR RADIOAKTIVNOSTI
16	DETEKTOR RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA	RADIOLOŠKI DETEKTOR

Autor tabele: potpukovnik Srbišlav Mihaljović

radioaktivne kontaminacije hrane i vode preko nove jedinice treba koristiti odnos:

$$1 \mu\text{Ci}/\text{kg}(1) = 37 \text{ Bq}/\text{kg}(1)$$

Pregled veličina i jedinica i termina u oblasti nuklearnog oružja i detekcije i dozimetrije radioaktivnog zračenja je dat u tabelama 1 i 2.

ZAKLJUČAK

U oblasti nuklearnog oružja i detekcije i dozimetrije radioaktivnog zračenja i u sličnim oblastima, treba koristiti nove jedinice, prikazane u tabeli 1 i nove termine, prikazane u tabeli 2, ili termine koje su u skladu sa ovde iznetim. Na primer, umesto termina radioaktivno zračenje može se koristiti termin nuklearno zračenje, kada se radi o gama i neutronsom zračenju.

Pri razvoju novih sredstava u ovoj oblasti (detektora radioaktivnog zračenja i dozimetara), rezultat merenja treba da se izražava u novim jedinicama.

LITERATURA

1. Radiološke veličine i jedinice koje se koriste u ratnoj radiološkoj detekciji i dozimetriji, VI simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, 1972.
2. Zakon o merama, mernim uređjajima i jedinicama mera u SFRJ, "Službeni list SFRJ", 1976.
3. Detekcija i dozimetrija radioaktivnog zračenja, 1961.

3. s e k c i j a

ZAŠČITA PRED SEVANJI V JEDRSKI
ENERGETIKI

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21-24.4.1981

Danilo Hajduković

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović"-Beograd, Deligradska 29

PARCIJALNI RADIJACIONI RIZIK OD INHALACIJE RADONA
I NJEGOVIH KRATKOŽIVEĆIH POTOMAKA

Kratak sadržaj:

U radu su prikazani rezultati istraživanja ozračenja respiratornog sistema od inhalacije radona i njegovih kratkoživećih potomaka RaA, RaB i RaC(RaC') u rudnicima.

Procenjena je ekvivalentna doza za respiratorni sistem i određen parcijalni radijacioni rizik.

Uvod

Brojnim studijama, počev od 1920. godine, ukazano je na povećanu smrtnost od malignih obolenja rudara izloženih inhalaciji radona i potomaka. Procenjuje se da je 30 do 70% svih umrlih rudara rudnika Schneeberg i Joachimovo, u kojima su eksploatisane rude srebra, kobalta, bizmuta, nikla, arsena, radijuma i urana, bolovala od karcinoma pluća. Koncentracije radona i potomaka u ovim rudnicima iznosile su od 10^{-9} do 8×10^{-8} Ci/l vazduha odn. 370,37 do 2962,96 Bq/l vazduha.

Najnovija istraživanja ukazuju i sada na pojave povećane učestalosti karcinoma pluća i pneumokonioza. Istraživačka grupa SAD utvrdila je kancerogen uzrok smrti kod 16% svih umrlih rudara uranskih rudnika za period od 18 godina. Dalje, da nije registrovan kancer pluća kod grupe eksponirane manje od 120 CWLM, da je u grupi eksponiranih 1799 CWLM incidencija bila 5 puta veća, u grupi od 1800 do 3719 CWLM oko 15 puta a oko 25 puta za grupu koja je bila eksponirana kumulativnom mesečnom working levelu više od 3720 CWLM za posmatrani period od 1950. do 1968. godine.

Ova istraživanja ukazuju na činjenicu da i pored napretka koji je učinjen u zaštiti rudara u rudnicima od inhalacije radona i potomaka opasnost nije znatno umanjena.

Ovim radom želimo da demo prilog proučavanju stanja kontaminacije radonom i potomcima u radnim sredinama naših rudnika i proceni radijacionog rizika kome ova kontaminacija doprinosi.

Merenje koncentracija radona i potomaka

Merenje koncentracija radona i potomaka vrši se scintilacionom mernom tehnikom. Uzimanje uzorska radona u bočicama scintilatorima a potomaka na filtru pomoću prenosne vakuum pumpe u trajanju od 5 minuta, merenjem alfa aktivnosti na filtru svakog minuta po prestanku uzimanja uzorka do 40-tog minuta. Odredjivanje koncentracija potomaka ponosob i WL izračunavaju se sa 5 metoda priznatih u svetu (1)

Našim istraživačkim programom počev od 1960. godine obuhvaćena su kontrolna merenja u više rudnika metaličnih ruda ; 5 rudnika urane odn. istražnim jamskim radilištima (Mezdreja, Gabrovnica , Inovska Reka , Zletovska Reka i Žirovski Vrh) , u 5 rudnika olova i cinka (Zletovo, Stari Trg , Sase, Srebrenica i Rudnik), u rudniku žive (Idrija), rudniku magnetita (Suva Ruda), antimona (Lojane) i bakra (Bor). (3)

Najveća koncentracija radona izmerena je u Gabrovnici 729,62 Bq/l (19700 pCi/l) . Srednje vrednosti svih izmerenih koncentracija za oko 8500 merenja , bile su od 0,19 do 51,333 Bq/l (od 5,3 do 1386 pCi/l) respektivno za rudnik Bor i Inovsku Reku . Odgovarajuće srednje koncentracije potomaka bile su : za RaA od 0,094 do 42,074 Bq/l (odn. 2,56 do 1136 pCi/l) ; za RaB od 0,048 do 30,259 Bq/l (odn. od 1,31 do 817 pCi/l) i za RaC od 0,028 do 18,962 Bq/l (odn. od 0,77 do 512 pCi/l) . (3)

Analogno izmerenim srednjim vrednostima koncentracija potomaka imaju se i srednje vrednosti working levela (WL) od 0,012 do 7,23. Kumulativni working level za 168 časova rada u mesecu iznosi od 2,016 do 1214,64 CWLM. (3)

Poznato je da postoje razni pristupi u pogledu maksimalno dozvoljenih koncentracija za radon i WLM/a . Prema ICRP(1959) za radon MDK je bila 30 pCi/l (odn. 1,111 Bq/l) što je ekvivalentno 3,6 WLM/a. Za Euroatom , 300 pCi/l (odn. 11,11 Bq/l) - koja je važila i za našu zemlju- što odgovara 36 WLM/a ; za Kanadu je bila 8 i 1974. reducirana na 6 WLM/a ; u SAD bila WLM/a 12 i 1971. reduciran na 4 WLM/a, što podrazumeva izloženost u toku 170 časova rada na mesec dana u radnoj atmosferi rudnika sa koncentracijom potomaka od 0,33 WL .

Iz ovog pregleda izmerenih i obračunatih koncentracija radona i potomaka u nekim našim rudnicima , proizilazi , da su kod nas bile relativno visoke koncentracije , naročito u ranijem periodu , kada su radovi obavljani bez mehaničke ventilacije . Ova istraživanja u rud-

nicima ukazala su i na potrebu za stalnom kontrolom radne sredine i za neprekidno praćenje zdravstvenog stanja radnika u uranskim a tekodje i u nekim neuranskim rudnicima ,jer bilo da se radi o količinama urana od značaja za eksploataciju ili o količinama koje se nalaze u tragovima ,postoji mogućnost radioaktivne kontaminacije vazduha radne sredine radonom i njegovim potomcima ,koji prilikom nastanka iz radona ,stvaraju radioaktivni aerosol deponujući se na česticama prisutne prašine. Ovo je naročito potencirano u rudnicima sa prirodnom ili lošom ventilacijom u uslovima velike zapašenosti.

Obračunavanje ekvivalentnih doza od inhalacije radona i potomaka RaA, RaB i RaC (RaC') (ref. 2,3,4)

Ekvivalentnu dozu H odredjujemo pomoću absorbovane doze D uvedane za faktor Q i koeficijent N -prema preporuci ICRP,publikacija 26(1977) , tj. na način:

- H = D Q N
- gde je D absorbovana doza rem/h odn.Sv/h
- Q -efekat zaustavljanja mikros.distribucije absorbovane energije
- Q za alfa = 20 , Q za beta =1
- N = 1

Potrebno je utvrditi posebno doprinos absorbovanoj dozi na (P) plućima i posebno na bronhijama (B) od inhalacije samog radona i od inhalacije svakog radonovog potomka ponaosob ,koji se nalaze u smeši u vazduhu radne atmosfere , kao i doprinos od potomaka koji nastaju posebno u plućima od inhaliranog radona ,zatim od aktivnosti alfa i manji doprinos od aktivnosti beta ,vodeći računa i o stepenu depozicije prašine u respiratornom organu ,biološke eliminacije iz pluća i bronhija . U obračun je potrebno uvesti masu plućnog tkiva (1000 gr) ,gustinu tkiva (gr/cm³ =1) ,količinu udahnutog vazduha (1,25 m³/h za 10m³ udahnutog vazduha za 8 časova rada) , zapremina bronhija (130 cm³ , površina bronhija 2,19x10⁴ cm² i dubina prodiranja alfa čestice 60 mikrona) . Potrebno je uzeti potencijalne energije svakog radonovog potomka ponaosob i radona (RaA 13,68 MeV -tj 6,00+7,68 ;RaB 7,68 ; RaC 7,68 MeV i Rn 5,486 MeV), vremenske konstante raspada (λ za RaA 13,64 h⁻¹ ,za RaB 1,551 h⁻¹ , za RaC 2,11 h⁻¹) , konstante biološke eliminacije (za pluća 30 a za bronhije 10 minuta) . U obračun su uvedene veličine dezintegracije na minut,konverzioni faktori za relacije 1 erg=6,242x10⁵ MeV, 1 rep=93 erg/gr mase,1rad=100 erg/gr i rem/h odn Sv/h prema relaciji

ji $1 \text{ Sv} = 1 \text{ JKg}^{-1} = 100 \text{ rem}$.

U obračun je uvedena referentna koncentracija za radon i za njegovog potomka po 100 pCi/l odn. $3,703 \text{ Bq/l}$ (u obračunavanju je korišćen izraz $1000 \times 10^{-10} \text{ Ci/m}^3$ umesto 100 pCi/l zbog ostalih upotrebljivih dimenzija)

I. Ekvivalentna doza na respiratornom sistemu od radona

a) od unošenja radona u pluća, alfa aktivnost:

$$0,0015289 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 0,030578 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00030578 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

b) u vazdušnom delu pluća od raspada udahnutog radona na potomke:

-od alfa:

$$0,0006273 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 0,012546 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00012546 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

-od beta:

$$0,000041 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 1 = 0,000041 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00000041 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

c) u masi pluća od raspada radona na potomke:

-od alfa:

$$0,0008932 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 0,017867 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00017867 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

-od beta:

$$0,000058 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 1 = 0,000058 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00000058 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

d) na bronhijama od raspada R_n na $R_{\alpha A}$ - od alfa:

$$0,00984 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 0,1968 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,001968 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

Ukupna ekvivalentna doza H_{Rn} od inhalacije radona, koncentracija 100 pCi/l odn. $3,703 \text{ Bq/l}$ iznosi:

$$\underline{H_{Rn} = 0,0025789 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}}$$

II. Ekvivalentna doza na respiratornom sistemu od inhalacije radonovih potomaka

U obračun je uzeta dominantna čestica prašine dijametra $0,3 \mu\text{m}$ krona, čija depozicija iznosi na plućima 36% i na bronhijama 4%.

a) ekvivalentne doze na plućima:

od $R_{\alpha A}$: $0,22944 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 4,5888 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,36 =$
 $1,651968 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,01652 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$

od $R_{\alpha B}$: $0,69663 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 13,9326 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,36 =$
 $5,015735 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,050157 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$

od $R_{\alpha C}$: $0,58472 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 11,6944 \text{ rem/h} \times 0,36 =$

$$= 4,2100 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,04210 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

$$\text{od beta: } 0,0807 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 2 = 0,0807 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,336 =$$

$$0,0290 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,00029 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

Ukupna ekvivalentna doza od inhalacije radonovih potomaka deponovanih na reprezentativnoj čestici prašine dijametra 0,3 mikrona za referentnu koncentraciju po 100 pCi/l odn. 3,703 Bq/l ; na plućima :

$$\underline{H_{\text{pot.P}} = 0,11048 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}}$$

b) ekvivalentne doze na bronhijama:

$$\text{od RaA: } 1,57720 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 31,5440 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,04 =$$

$$1,26176 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,0126176 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

$$\text{od RaB: } 2,75678 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 55,5678 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,04 =$$

$$2,206 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,02206 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

$$\text{od RaC: } 2,51085 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 20 = 50,2170 \times 10^{-3} \text{ rem/h} \times 0,04 =$$

$$2,008 \times 10^{-3} \text{ rem/h} = 0,02008 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

Ukupna ekvivalentna doza od inhalacije radonovih potomaka na bronhijama , za ref.koncentraciju po 100 pCi/l odn.3,703 Bq/l i česticu dijametra 0,3 mikrona ,odn.stepen depozicije 0,04 :

$$\underline{H_{\text{pot.B}} = 0,0547576 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}}$$

Ukupna ekvivalentna doza od inhalacije radona i potomaka po 100 pCi/l odn. 3,703 Bq/l , česticu prašine dijametra 0,3 mikrona odn. $H_{\text{Rn}} + H_{\text{pot.P}} + H_{\text{pot.B}}$ daje ukupno:

$$\underline{H_{\text{UK}}(\text{Rn,pP,pB}) = 0,1652376 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}}$$

Za sve konkretne koncentracije i radona i potomaka mogu se na ovaj način lako odrediti ekvivalentne doze uvodeći umesto referentnih 100 pCi/l odn.3,703 Bq/l , izmerene na radilištu.

Napred iznete ekvivalentne doze ukazuju da se nivo ozračenja u delu respiratornog sistema za konc.po 100 pCi/l odn.3,703 Bq/l i česticu dijametra 0,3 mikrona , kreće u nivou od 33,04752 rem/god odn. 0,3304752 Sv/god i to usled inhalacije potomaka radona na plućima u nivou 22,096 rem/god odn. 0,22096 Sv/god a na ćelijama bronhijalnog stabla : 10,95152 rem/god odn. 0,1095152 Sv/god .

Ekvivalentna doza od inhalacije samog radona iznosi 0,51578 rem/god odn. 0,0051578 Sv/god.

Kako su u rudniku urana uglavnom koncentracije i radona i potomaka na dobro ventiliranim mestima u najvećem broju slučajeva ispod 100 pCi/l odn. 3,703 Bq/l, odn. ako je zadovoljen uslov da koncentracije radona budu ispod MDK-(ICRP) od 30 pCi/l (odn. 1,111 Bq/l) i potomaka ispod 3,6 WLM/a -to bi u ovom radu prikazane ekvivalentne doze bile manje i do 70%.

PARTIAL RADIATION RISK DUE INHALATION OF RADON AND ITS SHORT-LIVED DAUGHTERS

Danilo Hajduković

Institute of Occupational and Radiological Health, Beograd

Summary:

In this paper are presented the results of investigations on irradiation of respiratory system due to inhalation of radon and its short-lived daughters RaA, RaB and RaC(RaC') in mines.

The equivalent dose for the respiratory system has been evaluated and partial radiation risk determined.

Bibliografija:

- (1) Hajduković D.: Zbornik radova VII. Jugosl. simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari, str 406-412 (1973)
- (2) Task Group on Lung Dynamic (ICRP)-Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. Health Physics, vol 27:353-358, oct. (1974)
- (3) Hajduković D.: Disertacija-Rud. Geo. Fak. Univerziteta u Beogradu (1976)
- (4) Hajduković D.: Ozračivanje resp. sist. usled inhalacije radona i potomaka u rudnicima metaličnih ruda, Zbor. rad. D. Jug. simp. o zaštiti od zračenja, Jajce, str 89-95, (1977)

UTICAJ NIVOA ZAPRAŠENOSTI I RADNAKTIVNOSTI NA POJAVU
NEKADROG BROMITISA I ŽIVOTNA RIZIKA U KUHINIJAMA
KUHARICAMA I DRUGIM KUHINIJAMA METALA

Prof. dr B. Klisbarde

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dregović Keračević", Beograd

REZIME

U toku više godina u našim radnicima uravnoličeno upoređo-
no nekoliko drugih radnika metala pređen je nivo zarađevnosti
i radiativnosti kao i učestalost pojave hroničnog bromitisa
sa encefalom pluća među radnicima radnicima.

U pogledu prisutnosti količine radova i njegovih pote-
znaka i pratećeg radijacionog rizika radjens je evidentno bitno
razlika kod radnika u kuhinijama uravnoličeno i radnicima radnika
u drugim radnicima metala, a među radnicima uravnoličeno u toku
radu je naglašen potencijalni radijacioni rizik u radniku
kaina.

Radjens učestalost hroničnog bromitisa sa i bez encefalo-
ma stoji u korelaciji sa dužinom staža ekspozicije kao i pore-
dnom godišnjim životu u svim ispitivanim radnicima.

Konstatovano je visoka korelacija između prosečne godišnje
vlasne nivoa "Working Level" na mese i godišnjeg procenta
hroničnog bromitisa kod radnika u radnicima uravnoličeno, tj. sa
procentom nivoa WLM po ušlagjenju skupinama (do 25,26-100 i preko
100) pređena pojave pneumonija oboljenja raste sa 2,1 na 8,5 i
13,2%. Ovo ukazuje na moguću značajniju ulogu nivoa OADR na ve-
likom pojave hroničnog bromitisa no što se to odrazilo.

UTICAJ NIVOA ZAPRAŠENOSTI I RADIOAKTIVNOSTI NA POJAVU
HROMIČNOG BRONHITISA I REPIZEMA PLUĆA U RUDNICIMA
URANIJUMA I DRUGIH RUDNICIMA METALA

Prof. dr F. Kilibarda

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karađević", Beograd

U rudnicima podzemne eksploatacije nekih metala i kamennog uglja se povećanom radioaktivnošću, posebno rudnicima nuklearnih sirovina a pre svega uranijuma, radiološke opasnosti su rezultat islaganja radioaktivnosti stvorenoj u vazduhu i spoljašnjeg ozračivanja. Ova radioaktivnost nastala u vazduhu rudnika se sastoji od redona, kratkoživećih potomaka redona i dugoživećih alfa emitera, prisutnih u atmosferi rudnika u obliku prašina.

Dok se god proizvodi prašina sa vreme radnih operacija u rudniku, redon se stalno oslobodje iz rudnog tela. Oslobodjeni redon se u toku radnih dana raspada na potomke, koji posle kratkog vremena iz početno nevezane forme bivaju privesani sa sidove (isbacuju se iz atmosfere), čestice prašine ili kondensovana jedra koja slede njihove ponašanje. Kako je većina čestica u atmosferi rudnika submikronske veličine, svi potomci redona su pretežno respirabilni.

Budući su rudari u rudnicima uranijuma i drugih rudnicima sa povećanom količinom radioaktivnosti izloženi spoljnoj i γ radijaciji emitovanoj od redona i potomaka rudnog blaga, kao i potomaka redona nastalojenih na sidove rudnika i odela, glavna radiološka opasnost u rudnicima uranijuma potiče od ulaska Rn^{222} , potomaka redona i dugoživećih alfa emitera prisutnih u atmosferi rudnika u obliku prašine i islaganja spoljašnjem ozračivanju. Osnovna opasnost u rudnicima uranijuma dolazi dakle usled redona i njegovih kratkoživećih odnosno dugoživećih potomaka: ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB), ^{214}Bi (RaC) i ^{214}Po (RaC I); tj. ^{210}Pb i ^{210}Po .

Inertni redon slobodno ulazi i izlazi kroz plućne prostore sa ~~inertnim~~ usimljen od strane respiratornog sistema, dok se produkti njegovog raspada, kako u kombinovanom tako i u nekombinovanom obliku, nagomilavanju prvenstveno na određena mesta u respiratornom sistemu te je stopa radijacione doze na respiratornom sistemu usled raspada ~~inertnih~~ potomaka redona znogo veća no usled raspada samog redona u plućima.

znači da se ne samo u rudnicima nuklearnih sirovina, već i u mnogim drugim rudnicima, naročito pojedinih metala, gde se us obilatu zaprašenošću i prisustvo većih količina silicijum-dioksida sreće i povećana radioaktivnost usled prisustva radona i produkata njegovog raspada. Za povećana radioaktivnost je istražnim radovima već bile registrovane u pojedinim našim rudnicima metala, kao i na mnogim lokalitetima i u pojedinim rudnicima uglja. Stoga je u okviru jedne studije uključeno radi komparativnog praćenja i u našim rudnicima metala i u toku desetak godina primenom raznih metoda proučavanja, posebno i detaljnije ispitivanjem uticaj povećane radioaktivnosti tj. radona i njegovih produkata raspada na patogenezu oštećenje respiratornog sistema, uključujući i efekte njihovog udruženog dejstva sa zaprašenošću us prisustvo silicijum dioksida u toj prašini.

ANALIZA REZULTATA CILJANOG ISPITIVANJA HIGIJENSKO- EKOLOŠKIH USLOVA RADA I POJAVE HROMIČNOG BRONHITISA I EMFIZEMA PLUĆA U POSMATRANIM URANIUMSKIM I DRUGIM RUDNICIMA METALA

Dobijeni rezultati ciljanih ispitivanja higijensko-ekoloških uslova rada u našim radioaktivnim rudnicima (rudnici urana u Kasni i Gorenjoj Vasi kao i uranogenosnom rudniku Zletovo), a i uzorka kontrole od tri rudnika olova i cinka (Šrebrnica, Rudnik, Trepča), u osnovi su u skladu sa onim što se moglo pretpostaviti na osnovu iskustva i iz drugih zemalja.

Nađene zaprašenošću u ovim rudnicima u proseku odgovara poznatom stepenu zaprašenošću, kako u pogledu broja čestica, tako i u odnosu na utvrđeni procentni sastav čestica prema dijametrima, što je od značaja za nastanak patoloških promena u respiratornom traktu. Ovo se naročito odnosi na prisustvo čestica sa dijametrom do jednog mikrona. Stepenu zaprašenošću ovim česticama uglavnom je identičan sa ispitivanim rudnicima uranijuma (82,7%) i kontrolnu grupu svih posmatranih rudnika olova i cinka (82,9%) iako je broj ovih čestica u rudniku Šrebrnica iznosio 65,1% (ukupan prosečan broj čestica ispod 5 mikrona ipak je preko 90,0%). Nađene prosečne vrednosti broja čestica se, međutim, znatno razlikuje među pojedinim rudnicima kako uranijumskim tako i neuranijumskim, a što je i inače pojava koja se sreće pri ispitivanju uslova zaprašenošću u našim drugim rudnicima. Među rudnicima uranijuma je markantno veća zaprašenošću u rudniku Zletovo. Najveći prosečan broj čestica prašine u 1 cm^3 radne atmosfere rudnika u

Zlotova je $3.143 \text{ } \mu\text{m}^3$, a što je na 185,2% veća od proseka za tri ispitivana rudnika uranijuma, a još i više prema proseku za svih 6 ponastranih rudnika zajedno. 217,6%). Najviše prosečna zapaženost u zračnim uranijum je u Kalni, tj. 58,2% od proseka za uranijumske rudnike ili 68,4% od proseka zapaženosti svih rudnika zajedno.

Prisustvo slobodnog silicijum-dioksida je evidentno u rudnicima osnovnog i kontrolnog uzorka. Takođe odgovore geološkom sastavu pojedinih terena u našoj zemlji, usloville eksploatacije i stepenu tehničke zaštite na radu prosečnih radnih uslova u drugim sličnim rudničkim lokacijama u Jugoslaviji, gde se sadržaj slobodnog SiO_2 u atmosferi rudnika kreće od oko 10% do preko 50% slobodnog SiO_2 , a koje podatke nalazimo u prikazu higijensko-ekoloških uslova rada i u većini drugih zemalja.

U rudnicima uranijuma su nađene značajne koncentracije radona i radonovih produkata raspada, tj. u znatno većem iznosu nego u neuranijumskim rudnicima. Njihove srednje vrednosti pokazuju nivo kontaminacije u rudniku uranijuma, kako radonom tako i produktima njegovog raspada, koji svojim srednjim vrednostima (od 230,8 Zlotovo do 887,0 Kalna pCi/l vazduha) prekoračuju i maksimalno dopuštene koncentracije. Za radon na osnovu naših važećih propisa MDR iznosi 3×10^{-10} Ci/l vazduha ili 300 pCi/l vazduha (Sl. list SFRJ 1965/30), a što je Međunarodna komisija za zaštitu od jonizujućih zračenja (ICRP) snizila na dopustivu vrednost od 3×10^{-11} Ci/l ili na četredesetočasovnu radnu nedelju.

I ovaj parametar ukazuje na visoko prisustvo radioaktivnosti u ispitivanim rudnicima uranijuma (najviše u Kalni) prema kontrolnim rudnicima slova i cinka, a zbog prisustva radona i produkata njegovog raspada u zračnim koncentracijama.

Sličnu sliku nam daje i analiza podataka o broju i procentu radnika grupiranih prema nivoima "Working Level" na mesec (GWL), odnosno prosečnih nivoa GWL. U neuranijumskim rudnicima je samo tri radnika bilo na nivou GWL preko 25% (0,2%) i iznad 100 GWL (0,08%). Taj odnos je nešto različite u rudnicima uranijuma sva tri drugačiji, odnosno na neki našim obrnut, tj. ispod 2,0% (osim Goranjske Vasi gde je preko 20,0%) je na nivou do 25 GWL, a na nivou preko 100 GWL 40,0% (Kalna) i čak 75,0% (Zlotovo).

Određene specifične doze u svim rudnicima uranijuma i tri kontrolna rudnika slova i cinka koje je obradio Hajduković (1976-1978) kao srednje vrednosti doze na respiratornom sistemu usled inhalacije radona i specifične doze od inhalacije radona i kratkotrajnih potomaka (RaA , RaB i RaC) deponovanih na sastvorljivim i nerastvorljivim česticama

prema radnika 0,3 mikroma ilustruju (isto kao i konstatovane radioaktivnosti i srednje vrednosti koncentracije radona i potomaka) da su te dose deločno značajnije u rudnicima uranijuma. Među rudnicima uranijuma najviše su dose usled inhalacije radona u Kalni (preko 3 1/2 x više no Goranjs Vas i preko 5 puta u odnosu na Žitovo). Dose na plućima i bronhijama zbog radona i kratkoživih potomaka 7 puta je više u Kalni no u Goranjskoj Vasi i 12 puta više no u Žitovu.

Prosečno spsorbovane dose od radona u neuranijumskim rudnicima su 20 puta manje no u kontrolnim rudnicima, a prosečne vrednosti dose usled radona i potomaka na plućima i bronhijama su čak 40 puta niže u odnosu na proseke istih dose u uranijumskim rudnicima (opet je Srebrenica sa nešto većim dosama u obo slušaja).

Navedenim rezultatima is ove studije dolazi se nepoporno do jarnoj zaključke o izrazito najvećoj prosečnoj sprešenosti u rudniku Žitovo i Goranjs Vas us skoro isti prosečen procentualni odnos u pogledu dijemtara čestica i izrazito najveću prisutnost čestica velikina ispod jednog mikroma, osim rudnika Srebrenica, gde je prisutna na skoro niže sprešenost, već i broj čestice ispod jednog mikroma. Dalje se konstatuje izrazito veći potencijalni silikozogeni rizik u svim rudnicima uranijuma i sličan manji u svim posmatranim neuranijumskim rudnicima.

U pogledu prisutnosti količine radona i njegovih potomaka i predeceg radijacionog rizika evidentna je bitna razlika među rudnicima osnovnog uzroka u rudnicima uranijuma i kontrolne grupe radnika drugih rudnika, a među rudnicima uranijuma u tom smislu je nagleden potencijalni radijacioni rizik u rudniku Kalna.

Učinjama analize potvrđuje da kod kopača u svim posmatranim rudnicima šmoro značajno veći broj radnika se nedjenim hroničnim bronhitisom sa i bez prisustva emfizema pluća u odnosu na druge jasnike radnike, ali je isto tako kod kopača u rudnicima olova i cinka konstatovan čak signifikantno veći procent ovih oštećenja u radnika kontrolne grupe čak sa znatnijom značajnošću. Ovi nalazi ne pokazuju korelaciju sa razlikama a nalazine prosečnog stepena koncentracije radona i potomaka respeda kao i sprešenosti sa pojedine rudnike. Nalazi čak stoje i u suprotnom odnosu, pa i u slušaju radnika uranijuma Kalna, gde je nedjen najveći stepen sprešenosti među svim rudnicima. Posebno je ovaj odnos učestalosti nedjene pojave hroničnog bronhitisa u neskladu sa nivoom sprešenosti u rudniku Srebrenica, a jedino je u tom rudniku paralelno sa povećanjem nedjene učestalosti hroničnog bronhitisa, znatno veći i procent pušača među svim kategorijama radnika, čak i među mladim radnicima sa krećim ekspanzionim stadiom u rudniku.

ZAKLJUČAK:

Na osnovu do sada već poznatih podataka o nalazima i zapreznjima, kao i nepostojnih višegodišnjih isučevanja dejstva radova i produkcija raspada u utvrđenom dejstvu sa silikozogenom spređenosti na respiratorni sistem rudnika izvedeni su sledeći ZAKLJUČCI:

U pogledu prisutnosti koloidne radova i njegovih potovaka i protokora redijskog rizične ovidentne je bitna razlika medju redijskim osnovnog: uravna u rudnicima uravna i kontrolne grupe redijske drugih rudnika. u medju rudnicima uravna u tom smislu je razgledan potencijalni rizični u rudniku Kalina.

Značajno je najveća procentna spređenost u rudniku Zlotovo i Goranjsko Vas u skoro isti procentualni odnos u pogledu dijagnozama četvrti i najveću prisutni ost četvrti veličine ispod jednog mikrona, ostu rudnika Gredbenica, gde je prisutna do skoro niska spređenost, već i broj četvrti ispod jednog mikrona. Dalje se konstatuje izostao veći potencijalni silikozogeni rizični u svim rudnicima uravna i silikozogeni u svim posmatranim neuravnaostima rudnicima.

Podjane učestolez hroničnog bronhitisa se i bez analize
 koji u korvalolji su dužina stiče ekspanzije kao i porastom godina
 života u ova ispitivanja su nalaze.

Analiza i obrada spirometričkih nalaza provedeno je četrnaest
 pet čemu su korišćeni određeni osnovni parametri, koje koriste velike
 laboratorijske, a među njima u svojoj studiji i Potkonjak (1971-199). Ove
 analize pokazuju da je najveća razlika u nalazima oduzimanja u spiro-
 metri ("vitalna" kapaciteta nalaz) u odnosu na pušače, kako među
 roditeljima u razlicima uzrastu tako i u svim posmatranim razlicima
 olova i cinka, dok je spirometrički nalaz u tom smislu jednak kod red-
 nika u uorku osnovne i kontrolne grupe. Međutim, kako postoji značajna
 razlika u broju obuhvaćenih razlika analiza spirometričke kod rednika u
 smislu nalaza (60,0%) i muškaraca (75,7%) razlicima, ne može se sa
 sigurnošću govoriti o nepostojanju ove razlike.

Konstatovana visoka korvalolja ispodju prosečne sadržine visine
 nivoa "working level" na dužini i nedjenog procenta hroničnog bronhiti-
 sa kod rednika u razlicima uzrastu, tj. iz nalaza da su porastom nivoa
 VZL po uinjama akumulirano (do 25,25-100 i preko 100) prateće pojave
 povećani oboljenja raste sa 2,1 na 8,5 najviše 15,2%. Ovo ukazuje na
 povećanu značajnu ulogu nivoa VZL na veličinu pojave hroničnog bron-
 hitisa no što se to mislilo

Učinjena analiza kliničkih, laboratorijskih i funkcionalnih nalaza na respiratornom sistemu potvrđuje da kod kopača u svim pomenutim rudnicima postoji značajno veći broj radnika sa nadjenim hroničnim bronhitisom sa i bez prisustva emfizema pluća u odnosu na druge janske radnike, ali je isto tako kod kopača u rudnicima olova i cinka konstatovan čak signifikantno veći procenat ovih slučajeva.

Nadjena učestalost hroničnog bronhitisa sa i bez emfizema stoji u korelaciji sa dužinom staža ekspozicije kao i porastom godina života u svim ispitivanim rudnicima.

Konstatovana visoka korelacija između prosečne godišnje visine nivoa "Working Level" na mesec i nadjenog procenta hroničnog bronhitisa kod radnika u rudnicima uranijuma, tj. iz nalaza da se porastom nivoa WLM po učinjenim skupinama (do 25,26-100 i preko 100) praćena pojava pomenutih oboljenja raste sa 2,1 na 8,5 najzad 15,2%. Ovo ukazuje na moguću značajniju ulogu nivoa OWLM na veličinu pojave hroničnog bronhitisa no što se to mislilo.

Literatura:

1. IAEA, Inhalation Risk From Radionuclide Contaminants, Technical Reports Series No 142, 1973.
2. Haque, A.K.M. and Collinson, A.J.L.: Radiation dose to the respiratory system due to radon and its daughter products, Health Physics, vol. 13, 1967, p. 431.
3. Janković, S.: Ekonomska geologija, Izd. pred. "Rad", Beograd, 1960.
4. Stanje i dalji razvoj geoloških istraživanja u SR Srbiji, Simpozijum Rudarsko-geološko-metallurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, 1970.
5. Elotevska oblast, Geografsko-istorijski osvrt, Skopje, 1974, str. 34.
6. Pradel, J., Furrmann R., Benix, E., Bull'd'Inform. scientifique et technique de France, No 2, 12 (1956).
7. IAEA, Panel on the assessment of radiological hazards in uranium miners, Pl-542, Vienna, 1973.
8. Morrow, P.E.: Models for the study of particle retention and elimination in the lung, Proc. of Assessment of Airborne Particles, Rochester, N.Y., 1972.
9. Jacobi, W.: The dose to the human respiratory tract by inhalation of short lived Rn 222 and Rn 222 decay products, N. Ph., 1964, vol. 10, p. 1163.
10. Kirichenko, V.N.: Experimental Study of Short-Lived Daughter Products of Radon in the Respiratory Tract, Gig. i Sanit 1973, No 2, p. 55.
11. Jacobi, W.: Relations between the inhaled potential alpha-energy of Rn 222 and its 220 daughters and the absorbed alpha-energy in the bronchial and pulmonary region, Health Physics, vol. 23, 1972, p. 3.

12. Idppmann, M. and Albert, P.: The effect of particle size on the regional deposition of inhaled aerosols in the human respiratory tract, Amer. Ind. Hygiene Association Journal, vol. 30, 1969.
13. Jacobi, W.: Natural radistion effect in the respiratory tract after inhalation of short-lived radon and thoron decay products, Biophysicalische Probleme oder Strahlenwirkung, Stuttgart, George Tine Verlag, 1966, p. 64
14. Anderseva S.V.: Absorbed doses during the radon inhalation procedures, Med. Radiol., 16, No 6, 1971, Moskov(in Russian) 1967, p. 58.
15. Harus, S.J.: Radon level found in mines in New York State, Arch. Ind. Hygiene and Occup. Med., 10(54).
16. Haque, A.K. and Callinson, A.J.L.: Annual radistion dose to the respiratory system due to radon and its daughter products, H.P, 1967, p. 437.
17. Hajduković, D.: Istraživanje kontaminacije radonom(Rn^{222}) i potomcima u podzemnoj eksploataciji metalnih ruda, Disertacija, Beograd, 1976.
18. Shapiro, J.: An Evaluation of the Pulmonary Radistion Dosage from Radon and its Daughter Products, Univ. of Rochester, Atomic Energy Project, Report UR-298, the Univ. of Rochester N.Y. 1954.
19. Kilibarda, M. Panov, D. et al.: Etude sur l'influence du radon et de ses produits sur les pumon des rats, I-er Congres european de radioprotection, Comunicat. No 17, Mentor, 1968.
20. Chamberlain, A.C. and Dykson, D.E.: The dose to the Trachea and Bronchi from the Decay Products of Radon and Thoron, Atomic Energy Research Establishment Document No Hp/R/ 1937, the Establishment Harwell, England, 1955.
21. Chamberlain, A.C. and Dykson, D.E.: Dose to Tracheas and Bronchi from the Decay Products of Radon and Thoron, Brit. J. Radiol, 29, 1956, 317.
22. Kilibarda, M., Panov, D. i sar. : Deposition of some radon Daughters (Po 210, Pb 210) in Rats after Inhalation of Radon, with special consideration of the simultaneous influence of SiO_2 , Proceedings of Symposium, Richland, 1967, p. 222.

Prilog: 3 tabela i 3 grafikona

Ispitivani JAMSKI RUDNICI po vrstama RUDNIKA

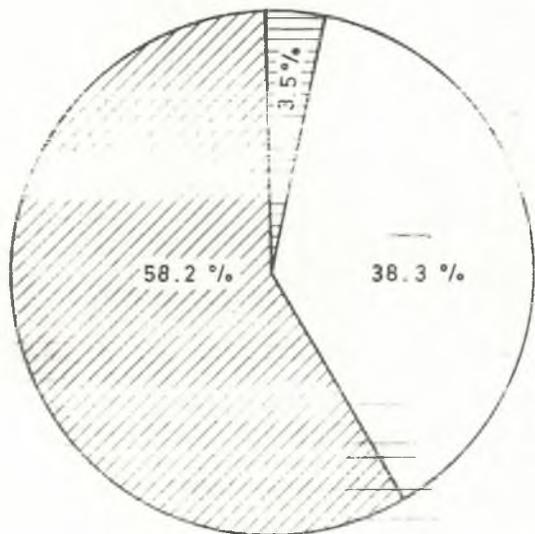
TABELA BROJ 4

Poznatost RUDNICI		S. republika ili SA pokra- jina	Ispitivani svi jamski rudnici	
			Broj	% od ukupnog broja svih jamskih rudni- ka
Rudnici URANIUMA	Gorenja Vas	Slovenija	116	4,1
	Kalna	Srbija	526	19,6
	Zletovo	Makedonija	751	28,0
Tri rudnika URANIUMA		3	1.387	51,7
Tri rudnika OLOVA I CINKA		3	1.294	48,3
Rudnici OLOVA I CINKA	Srebrnica	BIH	500	18,6
	Rudnik	Srbija	307	11,4
	Trepča	Kosovo	487	18,1
UKUPNO (svi rudnici)		5	2.681	100,0

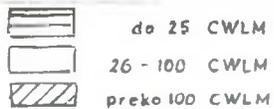
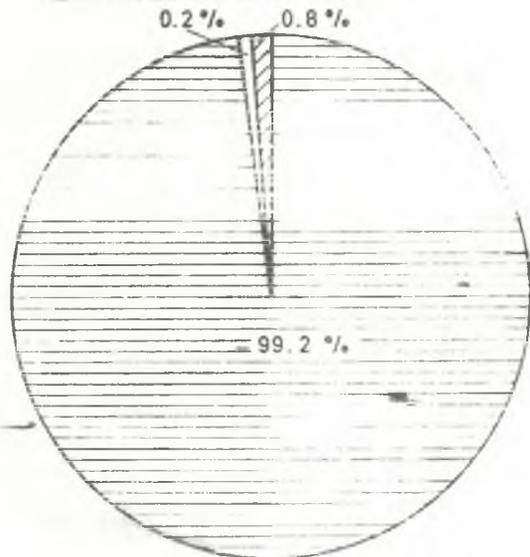
Iz tabele se vidi da je od pomenuta tri rudnika uranijuma po jedan

UPOREDNI PRIKAZ NIVOVA CWLM U ISPITIVANIH JAMSKIH RADNIKA

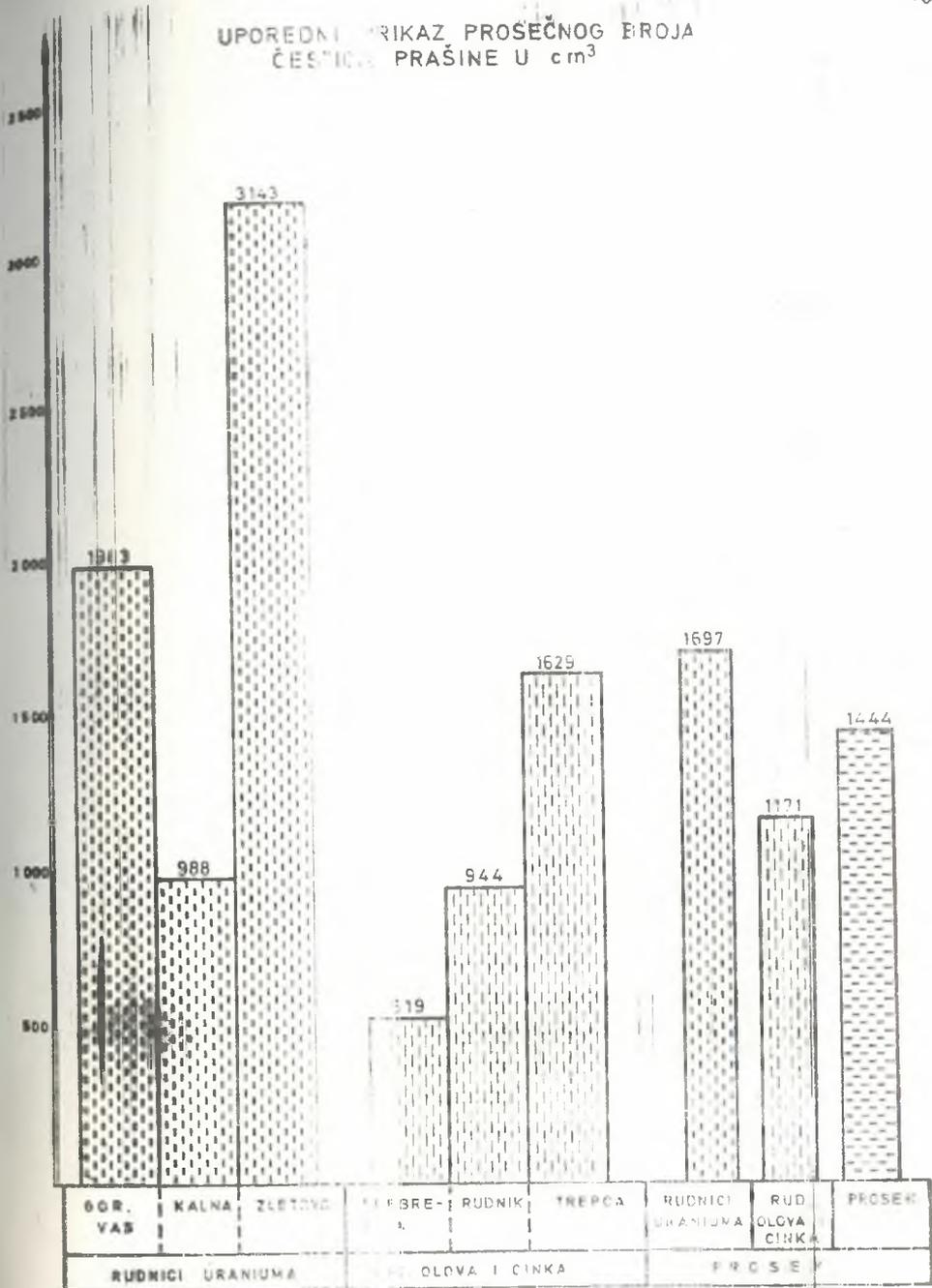
RUDNICI URANIJUMA



RUDNICI OLOVA I CINKA



UPOREDNI PRIKAZ PROSEČNOG BROJA
ČESTICA PRAŠINE U cm^3



FRONTIERNI BRONZI: TIS sa i bez EMPIZEM-a
u odnosu na pušače i nepušače (po rudnicima) kod svih jamskih radnika

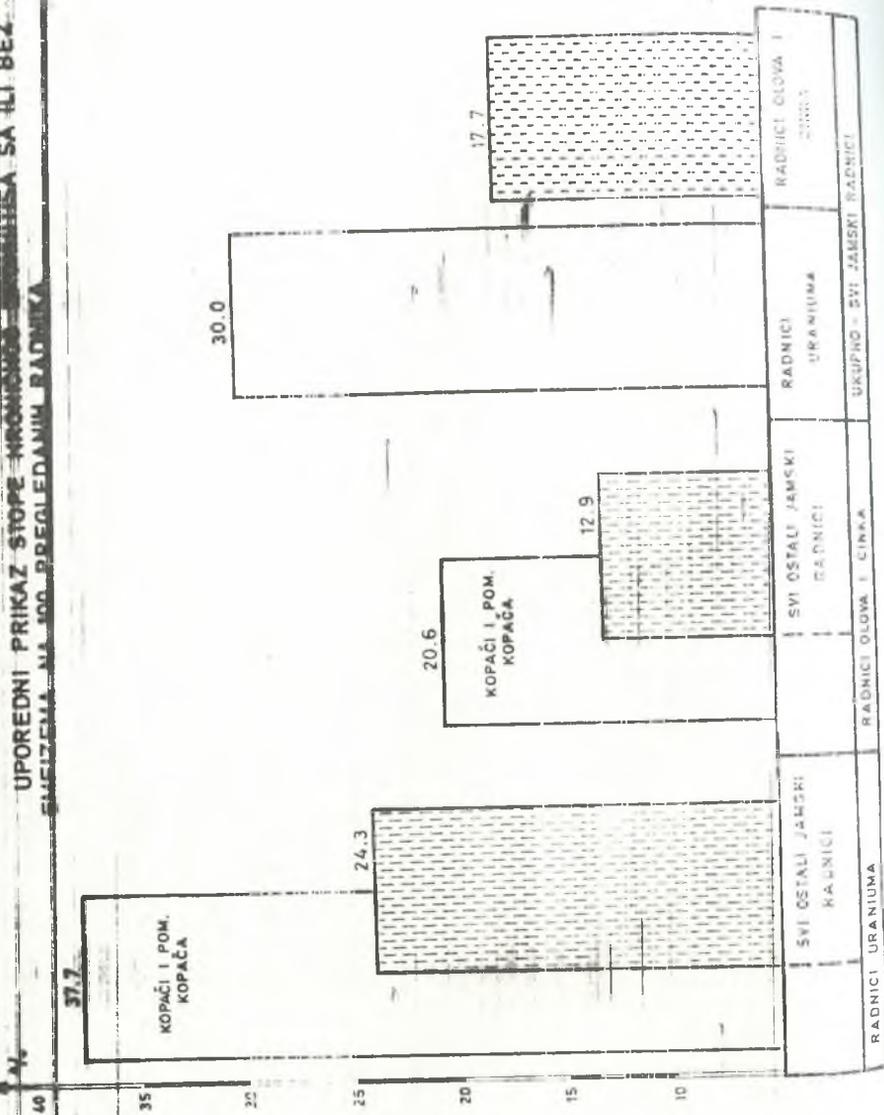
POSMATRANI RUDNIK		Ispitivani jamski radnici			Svi jamski radnici sa BR. 16-20-a. sa i bez emfizema					
		Ukupan broj	Pušači	Nepušači	broj	%	broj	% broja pušača	% od broja nepušača	broj
broj	broj									
rudnici URANIUMA	GORENJA VAS	110	62	48	11	10,0	9	14,5	4,2	2
	KALNA	526	269	257	80	15,2	60	22,3	7,8	20
	ZLETO VO	751	373	378	155	20,6	114	30,6	10,8	41
	Tri rudnika URANIUMA	387	704	633	246	17,7	183	26,0	9,2	63
Tri rudnika OLOVA I CINKA		1.294	833	461	389	30,0	319	38,3	15,2	70
rudnici OLOVA I CINKA	SREBRNICA	500	356	144	232	16,4	194	54,5	26,4	38
	UDNIK	307	198	109	57	18,6	47	23,7	9,2	10
	REPČA	487	279	208	100	20,5	78	28,0	10,6	22
UKUPNO svi rudnici		2.681	1.537	1.144	635	23,7	502	31,9	11,6	133

HRONIČNI BRONHITIS sa i bez EMPFIZEM-a
(u odnosu na pušače i nepušače)

Samo kod kopača (sa pom. kopača)

Posmatrani RUDNICI		Broj ispitivanh kopača (i pom. kopača)	Kopači (i pom. kopača) sa Br. hron. sa i bez Emfizem-a				Pušači sa Br. chr. sa i bez Emfizem-a			
			pušači broj	nepušači broj	broj	%	Pušači sa Br. chr. sa i bez Emfizem-a		Nepušači sa Bronch. sa i bez Emfizem-a	
							broj	% od ukupnog broja pušača među kopačima	broj	% od ukupnog broja nepušača među kopačima
rudnici URANIUMA	GORENJA VAS	53	31	22	5	9,4	5	16,1	-	-
	KALNA	205	101	104	47	22,9	31	30,7	15,4	16
	PLETOVO	340	178	163	71	20,9	47	26,4	14,8	24
	tri rudnika URANIUMA	598	310	288	123	20,6	83	26,8	13,9	40
rudnici OLOVA I CINKA	tri rudnika OLOVA I CINKA	552	384	168	208	37,7	177	46,1	18,4	31
	SREBRNICA	314	238	76	144	45,9	128	53,8	21,0	16
	RUDNIK	155	102	53	38	24,5	30	29,4	15,1	8
	TREPČA	83	44	39	26	31,3	19	43,2	13,2	7
UKUPNO (svi rudnici)		1110	604	506	331	28,8	260	37,5	15,6	76

UPOREDNI PRIKAZ STOPE HRONOMOŠĆI SA ILI BEZ
SUFITIMA NA 100. PREGLEDANIM RADNICIMA



231

ČEĐOMIR STANOJLOVIĆ,
dpl. Ing.
Rudarski Institut
Beograd - Zemun

Dr IVAN KOBAL
Institut
"Jožef Štefan"
Ljubljana

KONTINUALNO MERENJE KONCENIRACIJE RADONA (Rn-222) U RUDNICIMA URANA

U V O D

Koncentracija radona (Rn-222) na radnim i drugim mestima unutar jamskih pogona rudnika urana predstavlja indikaciju stepena kontaminacije radne sredine zahvaljujući činjenici da njegovi kratkoživeći potomci, posebno RaA(Po-218) i RaC'(Po-214), predstavljaju glavni izvor opasnosti povećanja rizika pojave raka pluća kod radnika u jamskim pogonima. I sam radon, kao radioaktivni gas (emanacija), direktno doprinosi zagadjivanju budući da i pri raspadu njegovih atoma dolazi do pojava α -zračenja kao i kod dva pomenuta kratkoživeća potomka. Međutim, njegovo učešće u jonizaciji tkiva respiratornog trakta radnika srazmerno je malo jer se jonizacija vrši samo za vreme prisustva radona u plućima, a sem toga je njegova aktivnost srazmerno mala u odnosu na navedene potomke. Za potomke radona, kao čvrste čestice, pluća predstavljaju mesto taloženja bilo da su tamo dospeli inhaliranjem, vezani za čestice prašine, ili su nastali raspadom pri udisaju vazduha sa radonom.

Da bi se omogućilo da isti radnici mogu da provedu relativno dug period na radu u uranskim jamama nužno je da se koncentracija radona (a time i njegovih kratkoživećih potomaka) održava što nižom, jer postojeći standardi i preporuke predviđaju da se vreme dozvoljeno za boravak radnika u jami proporcionalno smanjuje u slučaju povećanja koncentracije. Ti standardi predviđaju npr. koncentraciju Rn-222 od svega 3,7 Bq u litru vazduha (izraženo preko radioaktivnosti) kada preporučuju da kumulativna doza zračenja u toku 12-mesečnog perioda ne predje 4WLM. Ako se zna da ta koncentracija može biti višestruko veća u određenim nepovoljnim okolnostima (povećano oslobadjanje radona, otkazivanje ventilacije na radnom mestu) postaje jasno od kolike je važnosti neprekidno pratiti kretanje

koncentracije radona na radnim mestima u uranskoj jami. Da to nije tako jednostavno dokazuju i merno-analizatorske metode koje se danas uglavnom primenjuju, a svode se najčešće na povremeno uzimanje uzoraka vazduha sa radnih mesta. Kako se to uzorkovanje vrši relativno retko (često jednom sedmično sa svakog radnog mesta) nikako ne može reprezentovati stvarno stanje sem u momentu uzorkovanja.

Da bi se praktično trenutno moglo ustanovljavati kolika je koncentracija radona na pojedinim mestima razvijen je, pre nešto više od godinu dana, uređaj visoke osetljivosti (reda $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/l}$) koji je primenjivan za ispitivanje okoline rudnika urana. Razvoj, a zatim proizvodnju uređaja, realizovao je u Francuskoj INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE, sa sedištem u FONTENAY-AUX-ROSES. Da bi mogao biti primenjen u rudnicima urana uređaj je donekle modificiran, osetljivost mu je smanjena na cca $3,7 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/l}$, a posebnim sistemom za uzorkovanje omogućeno je da jedan analizatorski uređaj služi za kontrolu šest mernih (radnih mesta). Prvi takav uređaj isporučen je sredinom prošle godine jednom rudniku urana u Kanadi i on je predmet rasmatranja u ovom referatu.

UREDJAJ ZA KONTINUALNO MERENJE KONCENTRACIJE RADONA (Rn-222)

U sadašnjoj verziji analizatorski uređaj nije predviđen za montažu unutar jamskog pogona zbog praktično 100 %-tno vlažne atmosfere unutar jame i mogućeg lošeg dejstva na elektronski deo uređaja. Otuda njegovo postavljanje treba da se izvrši van jame, na mestu koje omogućava da linije za uzorkovanje ne budu predugačke.

Ceo merno-analizatorski sistem sastoji se od nekoliko delova:

a) Linije za uzorkovanje

Šest linija za uzorkovanje imaju (svaka) po jednu plastičnu cev, dužine i preko 1000 metara, do mernog mesta, po jednu pumpu, po jednu plastičnu akumulacionu vreću za prijem uzorka u toku jednog sata. Posle svakog sata akumuliranja, skupljeni uzorak se u toku nekoliko minuta propušta kroz merno-analizatorsku ćeliju.

b) Sistem za raspoređivanje uzoraka

Pomoću osam elektromagnetnih ventila (sl. 1) upućuju se uzorci vazduha i čisti vazduh prema merno-analizatorskoj ćeliji.

c) *Komandno-alarmni sistem*

Ovaj sistem generiše ciklus po kome uzorci bivaju usmereni prema merno-analizatorskoj ćeliji.

Merni ciklus je sledeći:

- Svaki uzorak biva analiziran u toku 8 minuta
- U toku jednog minuta se ispumpa ostatak uzorka vazduha iz akumulacione vreće, te je spremna za prijem novog uzorka
- Kada je analizirano svih 6 uzoraka (za ukupno 6 x 9 minuta) u toku 6 minuta se kroz mernu ćeliju propušta čisti vazduh da bi se u njoj ustanovio nulti nivo. Ceo ciklus traje 1 sat
- Za svaki od uzoraka predviđena su dva alarmna, podesiva, nivoa.

d) *Merno-analizatorska ćelija*

Diferencijalna jonizaciona komora služi za analizu uzoraka i sastoji se od dve jonizacione komore (sl. 2) sa pojačivačima, filtra na ulazu u prvu komoru koji sprečava ulazak potomaka radona i pumpe za ubacivanje uzoraka u komoru.

Uzorci prolaze samo kroz prvu jonizacionu komoru, a druga služi samo kao referentna za kompenzaciju okolnog γ -zračenja.

Kod sklopa od dve komore izvršena je kompenzacija promena pritiska i temperature.

e) *Registrator*

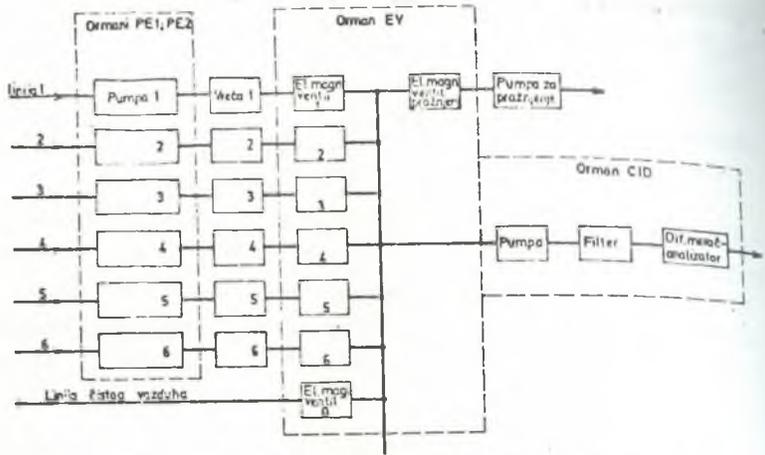
Da bi se uočili i sačuvali podaci merenja služi registrator sa dva nezavisna kanala, jedan za signal koji daje merna ćelija, a drugi za označavanje uzoraka.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UREDJAJA

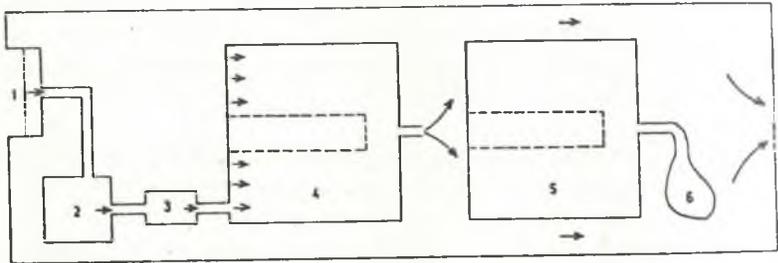
- Linija za uzorkovanje:

Broj linija: 6

Zapremina akumulacionih vreća: cca 0,8 m³ (sl. 3)



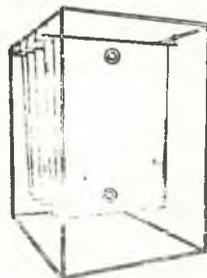
SI. 1 ŠEMATSKI PRIKAZ PROTOKA FLUIDA (Vazduh sa Radonom)



- 1 Filter
- 2 Pumpa
- 3 Uklanjanje parazitnih el. opterećenja
- 4 Jonizaciona komora sa cirkulacijom
- 5 Statična jonizaciona komora
- 6 Ekspanzioni balon

→ Smer kretanja vazduha

SI. 2 PRINCIPIJELNA ŠEMA KONTINUALNOG MERAČA KONCENTRACIJE RADONA Rn-222



SI. 3 RAM SA PLASTIČNIM VREĆAMA ZA AKUMULACIJU UZORAKA VAZDUHA

Kapacitet pumpi: nominalni $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$, maksimalni $3 \text{ m}^3/\text{h}$
 prečnik cevovoda za dovodjenje uzoraka: 10 mm

- Rasporedjivanje uzoraka:

Elektromagnetnih ventila: 8 komada

Nominalni otvor ventila: 11 mm (normalno zatvoreni)

Komandovanje: dvostruki statički prekidač

- Komandni orman:

Oscilator kvarcni

Komandi za ventile: 8

Analogni izlaz za označavanje uzoraka: 0 - 10 V

- Alarmi:

Ulazni analogni signal: 0 - 10 V

Opseg podesivosti: 0 - 10 V

Signali: 6 optičkih signala za niski nivo + 6 za visoki nivo,
 kao i po 6 slobodnih kontakata za niski i visoki nivo
 signala

- Merna ćelija:

Zapremina jonizacionih komora: $0,01 \text{ m}^3$

Osetljivost pojačivača: 10^{-15} A

Kapacitet pumpe: $3 \text{ m}^3/\text{h}$

Izlazni signali za γ , γ + gas, gas: 0 - 10 V

- Registrator:

Osetljivost: 50 mV do 500 V puni opseg

Tip: galvanometarski, dvokanalni

Brzina: 0,5 mm/mn do 10 mm/s

- Dodatni uređjaji:

Pumpa za pražnjenje akumulacionih vreća: nom. $10 \text{ m}^3/\text{h}$, max. $30 \text{ m}^3/\text{h}$

Termička zaštita 10 A i zaustavljanje pri ispadu delova

Brze spojke za spajanje cevovoda, ventila i pumpi

Moduli u ormanu: 19 "

- Napajanje: 220 - 240 V, 50 ili 60 Hz; potrošnja: cca 1000 VA

SUMMARY

The problem of radon-gas in the uranium mines is very important, the miners being a category of people with the risk of radiation induced lung cancer.

The continual measurement of radon-gas (Rn-222) concentration is a real tool to avoid critical circumstances. Therefore was a new method for the control of working places in uranium mines presented.

Literatura

1. Klener Risk to man from radiation-A review of data on somatic effects
Proceedings of the third international summer school on radiation protection, Vol. 1
Boris Kidrič-Institute of nuclear sciences 1976
2. K.Cheng
I.Porrit The measurement of radon emanation rates in a canadian cut and fill uranium mine
82nd CIM-Toronto, April, 1980
3. I.Porrit Radon-in-soil measurements in uranium exploration using the RE 278 Radon counter.
Research Division, Bondar-Cleg & Co.Ottawa
April, 1979
4. Mesure de l'activite des gas de l'atmosphere avec une chambre d'ionisation differentielle type CD43.
Commissariat a l'energie atomique-Institute de protection et de surete nucleaire (France)
Octobre, 1979
5. Ph.Duport L'aerage et les caracteristiques de l'atmosphere d'une mine d'uranium laboratoire
Application a la repartition des particules radioactives dans les vois respiratoires
Centre d'Etudes Nucleaires de Fontenay-aux-Roses-Rapport CEA-R-4927, Sept.1978.
6. Pravilnik o maksimalno dozvoljenim granicama radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i o vršenju dekontaminacije
Sl. list SFRJ br.32/79
7. Č.Stanojlović Prisustvo radona (Rn-222) u rudnicima urana i njegova uloga u ozračivanju radnika u jami
Rudarski glasnik br.4/80, Beograd.

XI. Jugoslovanski simpozij iz zaščite pred sevanji
Portorož, 21. - 24.4.1981

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

RAZISKAVE ZA NAPOVED VPLIVOV RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH NA OKOLJE
IN DOLOČITEV SEDANJEGA STANJA

Podan je pregled radioekoloških predobratovalnih raziskav na področjih bodočega rudnika urana Žirovski vrh. Raziskave so bile opravljene v okviru širšega raziskovalnega programa, ki ga je koordinirala skupina SEPO pri IJS. Namen raziskav je bil dvojen. Po eni strani so v povezavi s tehnološkimi raziskavami²⁾ ocenile večino bodočih emisij in napovedale vplive obratovanja rudnika na okolje, po drugi strani pa so dale osnovo za spremljanje obratovanja rudnika.

1. UVOD

V okolici rudnika urana Žirovski vrh in bodočega predelovalnega obrata v Todražu pri Gorenji vasi so bile v preteklih letih opravljene predhodne raziskave za napoved vplivov obratovanja bodočega rudnika (RUŽV) na okolje. Obenem je bil izveden, delno pa je še v teku, program raziskav za določitev sedanjega stanja kontaminacije človekovega okolja. Raziskave, ki jih je koordinirala skupina SEPO pri Institutu "Jožef Stefan", predstavljajo enega prvih primerov kompleksnih interdisciplinarnih raziskav, kakršne bi bilo treba opraviti pred vsako večjo investicijo. Raziskave so bile najintenzivnejše v obdobju 1976-77, ko so potekale vzporedno z izdelavo investicijskega programa. Ob sodelovanju številnih institucij¹⁾ so bile v program vključene meteorološke, radiološke, hidrološke, hidrokemične in biološke raziskave, ovrednotenje prostora in ocena alternativnih lokacij odlagališč jamske in tehnološke jalovine ter sociološke raziskave.

Geološke, seizmične in hidrogeološke raziskave je izvajal in koordiniral Geološki zavod Ljubljana, tesno pa je bilo tudi sodelovanje s tehnološkimi raziskavami²⁾ tehnološke skupine IJS.

S sprotnim sodelovanjem je bilo doseženo, da sta investicijski program in izbrana tehnologija v kar največji meri zasnovana na vidikih varstva okolja.

Že sedaj je na mestu trditev, da bo v ekološko zahtevnih pogojih Poljanske doline možno zadržati negativne vplive RUŽV na okolje na dovolj nizki stopnji.

V nadaljnjem tekstu podajamo bistvene rezultate radioloških raziskav in raziskav, ki služijo za oceno in zmanjšanje vplivov radioaktivnosti na človekovo okolje. Program raziskav je bil urejen na podlagi zahtev predlokacijskih smernic³⁾, navodil za ameriške rudnike⁴⁾, seveda ob upoštevanju laboratorijskih in finančnih možnosti. V nadaljevanju meritev v letu 1980 smo upoštevali tudi pripombe inšpekcijskih služb, eksperta IAEA in novih priporočil ICRP.

Poudariti pa velja specifičnost naših pogojev, predvsem gosto naseljenost Poljanske doline, naravno in kulturno krajino, neugodne meteorološke reliefne in hidrološke pogoje, zaradi katerih primerjava z večino tujih rudnikov ni smiselna¹⁾.

2. ZRAK

2.1. Lokacije posameznih objektov

Primernosti alternativnih lokacij za jalovišče tehnološke jalovine, ki je izvor radona, je bila v I. fazi podana velika pozornost, posebno ker so se prvotne lokacije jalovišča tehnološke jalovine mokrega tipa, ki jih je predlagala ameriška firma, izkazale kot ekološke neustrezne¹⁾. Sedaj izbrane lokacije tehnološkega jalovišča suhega tipa (na visokem platoju nad dolino) in odlagališč v kar največji meri omogočajo ekološko ugodno rešitev in razmeroma enostavno možnost dodatnih zaščitnih ukrepov, če se izkaže potreba tekom obratovanja. Obenem je celotno območje rudniške dejavnosti dokaj omejeno in sorazmerno odmaknjeno od naselij.

Lokacija obrata predelave in rudniških izpustov je vezana na bližino rudnika. Dolinska lega obrata je razmeroma neugodna z vidika varstva zraka.

2.2. Meteorološke raziskave

Težišče meteoroloških raziskav z vidika varstva zraka je bilo doslej na izdelavi modela širjenja radioaktivnega onesnaženja

zraka v kritičnih vremenskih obdobjih, ko je zaradi dolinske lege in temperaturne inverzije razredčitev majhna.

Določena je bila pogostost, trajanje in višina temperaturne inverzije plasti. Model širjenja onesnaženja iz rudnika, obrata in jalovišč je bil izdelan še na podlagi meritev vetra (predvsem pri majhnih hitrostih) in dopolnilnih dimnih poskusov.

Da koncentracije Rn v Gorenji vasi v kritičnih obdobjih ne bi presegle maksimalne dovoljene meje 37 Bq/m^3 , je bilo potrebno

- dvigniti vire emisije Rn iz obrata predelave na višino 30 m od tal,

- odpraviti talno emisijo iz obrata predelave,
- omejiti emisijo iz jalovišča tehnološke jalovine Boršt pod $0,3 \text{ Bq/s}$ z minimiziranjem aktivne površine.

Povprečno letno razredčitveno razmerje, ki je osnova za določitev populacijske doze iz teh kratkotrajnih meritev še ni bilo možno oceniti. Dodatne meritve vetrov bodo potrebne tudi za oceno koncentracije Rn v bližini jalovišča Boršt.

2.3. Ocena emisij

Glavni viri radioaktivnih emisij v zraku so:

- rudniški ventilacijski izpust, ki je kakih 200 m nad dolino v gozdu (sedaj $0,02 - 0,08 \text{ MBq/s}$ Rn, med obratovanjem do $0,4 \text{ MBq/s}$ Rn),
- obrat predelave ($0,08 \text{ MBq/s}$ Rn, prah, U_3O_8),
- jalovišče tehnološke jalovine (ne sme preseči $0,3 \text{ MBq/s}$) in druga odlagališča ($0,025 \text{ MBq/s}$ Rn).

Emisije smo ocenili predvsem na podlagi meritev na rudi, ki je bila predelana na polindustrijski napravi.

2.4. Sedanje stopnje onesnaženosti zraka z Rn in aerosoli

Kontinuirano so potekale doslej le meritve dolgožive radioaktivnosti aerosolov s črpanjem zraka skozi zračne filtre blizu Gorenje vasi. Kadar ni bilo vpliva testnih jedrskih eksplozij, totalna aktivnost beta ni preseгла $0,04 - 0,06 \text{ Bq/m}^3$, medtem ko je bila aktivnost alfa pri najaktivnejših vzorcih med $0,04$ in $0,07 \text{ Bq/m}^3$. Zbirne enomesečne filtre smo preiskali tudi z visokoločilnostno spektrometrijo gama ⁵⁾. V povprečju je v filterih $0,06 \mu\text{gU/m}^3$, $0,005 \mu\text{gRa/m}^3$, $0,12 \mu\text{gTh/m}^3$ in $0,12 \mu\text{gK/m}^3$.

Občasno so bile določene koncentracije Rn v zraku. Te močno variirajo, blizu Gorenje vasi so le 3 Bq/m^3 , na sedanjih odvališčih $10 - 20 \text{ Bq/m}^3$, v nekaterih hišah pa celo presegajo 100 Bq/m^3 .

Podatke o širjenju aerosolov v okolici delovišč smo dobili tudi iz meritve radioaktivnosti mahov.

Radioaktivnost padavin se ne razlikuje od drugih področij.

Povprečna zunanja doza sevanja znaša na tem področju $0,1 \mu\text{Sv/h}$

3. RADIOAKTIVNOST VODA

3.1. Odpadne vode

Bistveni koraki za varstvo voda Brebovščice in Sore so bili narejeni v tehnologiji predelave

- z zaprtjem krogotoka tehnološke vode
- z jaloviščem suhega tipa, ki ima majhno zlivno območje.

Podrobnosti o teh rešitvah, ki so bile preizkušene na polindustrijski napravi, podaja referat ²⁾.

Iz jalovišč in obrata bo pritekala v Soro kontaminirana voda le ob dežju in po njem, ko imajo tudi reke večji pretok. Karakteristike te odpadne vode smo določali na obstoječih odlagališčih.

Predvidevamo, da bo od teh voda imela določen vpliv na vodotoke le deževnica, ki se bo odcejala z jalovišča tehnološke jalovine.

Stalen vir odpadne vode je poleg sanitarne jamska voda s pretokom okrog 20 l/s . Koncentracija radija v njej le nekajkrat preseže maksimalno dovoljeno koncentracijo 4 pGRa/l (150 Bq/m^3), tudi ob intenzivnih delih v rudniku. Večji vpliv urana ($100 - 200 \mu\text{g/l}$), ki ga je čutiti tudi v Brebovščici in celo v Sori, a daleč pod dovoljenimi vrednostnimi.

3.2. Sedanje radioaktivnosti voda

V Sori in pritokih smo določali sedanjo stopnjo radioaktivnosti v vodi in sedimentih

- z vsakodnevnimi meritvami aktivnosti beta
- z meritvami zbirnih vzorcev (β , Ge-Li)
- z občasnimi določitvami Ra, U, Rn in ^{40}K .

Vrednosti se ne razlikujejo od koncentracij v drugih čistih

slovenskih rekah. Posamezne metode se često med seboj ne ujemajo. Za spremljanje obratovanja bo treba razviti kontinuirne meritve specifičnih kontaminantov.

4. BIOTOP

Na podlagi inventarizacije biotopa so bile določene najvažnejše prehrabene verige, ki bi lahko imele vpliv na biotop in človeka ⁶⁾. S specifičnimi metodami, ki so podrobneje opisane v referatu ⁶⁾, so bile določene sedanje stopnje onesnaženja biotopa z Ra in U, pa tudi prisotnost umetnih radionuklidov. Raziskave so bile osredotočene na področja, ki jih bo prizadela rudniška dejavnost, deloma pa tudi na področja, ki jih že povišano radioaktivnostjo. Tako so tudi te raziskave, čeprav skromne po obsegu, služile obeima ciljema, določiti sedanjega stanja in napovedi vplivov. Podrobnejše rezultate navaja referat ⁶⁾.

5. DOLOČITEV POPULACIJSKE DOZE IN REKULTIVACIJE

Populacijska doza je bila doslej le ocenjena. Prebivalec, ki bi živel v bližini (1km) od RUŽV in uporabljal vodo iz Sore, bi prejel do 0,05 mSv dodatne doze na celo telo in do 0,5 mSv na posamezne organe kar je manj kot 1/10 dopustnih doz. Zaenkrat je to le ocena reda velikosti.

V raziskave so bile vključene tudi študije rekultivacije jalo-
višč z zasajanjem in prekrivanjem ¹⁾.

Abstract

Radiological preoperational measurements in the vicinity of the new uranium mine Žirovski vrh in Slovenia are described. Unique meteorological and ecological characteristics of the site had great influence on the technological solutions as well on the performance of the determination of the possible environmental impact of the mine.

Reference

1. Poročilo o opravljenih raziskavah okolja..., SEPO-IJS, 1.faza, maj 1977, 2.faza, marec 1981
2. J. Slivnik, referat na tem simpoziju in tam citirane reference
3. Predlokacijske smernice za rudnik urana Žirovski vrh, Sekretariat za urbanizem SRS, 1974
4. Regulatory Guide for Uranium Mines and Mills, AEC, No.3.8., April 1973
5. D. Brajnik, Identifikacija nizkih aktivnosti gama, X. jugoslovanski simpozij o zaščiti pred sevanji, str. 343
6. P. Stegnar, referat na tem simpoziju

POSTOPEK PREDELAVE URANOVE RUDE V ZAPRTEN KROGU TEHNOLOŠKE VODE IN S SUHIM ODLAGALIŠČEM JALOVINE

J. Slivnik* in A. Stergaršek

*Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani in Institut Jožef Stefan, Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

Rudnik urana Žirovski vrh leži v Poljanski dolini, okoli 50 kilometrov oddaljen od Ljubljane. Za lokacijo rudnika in s tem tudi predelovalnega obrata, saj ekonomika ne dopušča transporta rude na večje oddaljenosti, so značilni nekateri specifični pogoji, ki jih je treba pri predelavi rude upoštevati.

Omeniti je treba predvsem naslednje značilnosti lokacije:

- naseljenost področja, ki ima kmetijski značaj in rekreacijsko vrednost
- neugodni klimatski pogoji, predvsem velik višek padavin nad izparevanjem
- površinske vode, to je potok Brebovščica in reka Sora in talne vode so čiste vode prvega razreda
- neugodne reliefne značilnosti (razgibanost) in geološka struktura tal.

Postavitev obrata za predelavo uranove rude do tehničnega koncentrata v takšnem okolju zahteva uroštevane omenjenih specifičnih pogojev lokacije in izredno skrbno izbiro tehnološkega postopka z namenom, da očuvamo okolje rudnika za že obstoječe in druge namene ter, da očuvamo kvaliteto površinskih voda.

To je dovolj težavna naloga, saj se predelava uranove rude uvršča med tehnološke postopke, ki okolje najbolj obremenjujejo, tako s tekočimi kot s trdnimi pa tudi s plinastimi odpadki.

V ilustracijo naj navedem, da na kilogram dobljenega produkta dobimo nad eno tono trdnih odpadkov in do šest ton raznih tekočih odpadkov.

Glavni tekoči odpadek je lužnica, ki preostane po selektivni ekstrakciji urana, imenujemo jo rafinat, in ki ima naslednjo tipično sestavo (tabela 1).

Tabela 1: Tipična sestava rafinata

Sestava	Koncentracija v kg/m ³
Fe	3,500
Mn	0,350
Ca	0,700
K	0,350
Na	1,000
Mg	0,850
Al	1,200
SiO ₂	1,500
SC ₄	7,000
Cl ⁻	1,500
226 Ra	1850 Bq/m ³
Težke kovine kot Mo, V, Pb, Cu, Zn, itd.	

Pri trdnih odpadkih naj omenimo le dve sestavini, to je kalcijev sulfat, ki ga je okoli 10 % v suhi snovi in ²²⁶Ra, ki ga je reda velikosti 10.000 Bq/kg suhe snovi; radij v trdni jalovini predstavlja tudi izvor najnevarnejšega plinastega odpadka, to je ²²²radona.

Pri izbiri tehnologije imamo na voljo v glavnem dve možnosti. Prva je v tem, da uporabimo tehnološki postopek, ki je v svetu najbolj razširjen in pri katerem trdne odpadke v obliki suspenzije skupja z nevtraliziranim rafinatom odlagajo v umetno zgrajene bazene, kjer se trdni delci usedajo, raztopina pa se dekantira in spušča v okolico. Pri tej rešitvi, ki je v aridnih področjih uporabna, bi v naših pogojih dobili naslednjo situacijo: tehnološka voda, padavine na področju jalovišnega bazena, ki jih je letno okoli en meter neto (torej padavine, ki ostanejo po izhlapevanju) in obilna talna voda, ki jo je nemogoče popolnoma zajeti in odvesti, bi prihajale stalno v stik s trdno jalovino in bi se kontaminirale tako s kemijskimi kot radioaktivnimi snovmi. (Po eksperimentalnih podatkih 10^4 Bq/m³ vode). To vodo bi morali v posebnem obratu čistiti in jo nato spuščati v Soro v množini okoli 4000 m³/dan. To čiščenje bi morali izvajati tudi po končanem obratovanju, saj bi bilo osuševanje jalovišča v danih pogojih (padavine, talni izvori) zelo dolgotrajen, če že ne neizvedljiv postopek. Ta rešitev, ki jo je, mimogrede omenjeno, sprva tudi ponudil tuji partner, bi bila torej posebej draga in tudi nezanesljiva.

Druga rešitev je bila v tem, da se običajni tehnološki postopek spremeni v toliko, da se čim več tehnološke vode vrača v postopek in s tem zmanjša količina odplak na najnižjo možno mero ter da se po drugi strani trdni odpadki odlagajo na tako imenovanem suhem odlagališču. To rešitev je sprejel tudi Institut Jožef Stefan in razvil ter v polindustrijskem merilu preizkusil modificirani postopek predelave uranove rude s popolnoma zaprtim krogom tehnološke vode. Z izbiro primerne industrijsko preizkušene opreme in z učinkovitim postopkom čiščenja rafinata smo dosegli, da obrat za predelavo ne izpušča nobena tekoča odplaka. Vsa odpadna voda se po učinkovitem čiščenju ponovno uporabi v postopku za ločevanje trdne jalovine od lužnice in za mletje rude.

Uporaba filtrov omogoča pridobivanje jalovi-

ne v trdni obliki, to je kot filtrno pogačo, ki se da odlagati na najbolj primernem mestu, sproti ščititi pred erozijo z takojšnjim ali dokončnim prekrivanjem. Končno obliko površinske zaščite predstavlja zasajevanje površine s travo, nato pa tudi z višjimi rastlinami. Tehnologija rekultivacije je izdelana na osnovi večletnih poskusov. Vse zaledne vode se bodo kontrolirano odvedle, prav tako se bodo vse padavine, ki bodo padle na površino, zajele in preko kontrolnega bazena spuščale v okolico. Glede na to, da se bo suho jalovišče zgradilo precej nad dnem doline, je s tem tudi zmanjšana možnost, da bi se radon, ki nastaja z razpadom radija v jalovini, ob temperaturnih obratih v dolini lahko v zraku nakopičil preko dovoljene meje. Omeniti je treba tudi, da je to tako imenovano suho odlagališče v naših pogojih cenejše od mokrega jalovišča.

Za odpadne snovi, ki nastajajo pri predelavi uranove rude lahko sicer rečemo, da so sorazmerno malo aktivne, vendar nastajajo v velikih množinah in predstavljajo dolgoročen izvor kontaminacije okolice.

Smatramo, da smo s predlagano novo tehnološko rešitvijo uspeli v dovolj veliki meri upoštevati specifične pogoje na lokaciji in z racionalnimi sredstvi zmanjšati vpliv predelave na okolico na sprejemljivo mero.

24

XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21 - 24.04.1981.

Božidar Maršičanin

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"

Institut za nuklearnu energetiku i tehničku fiziku

POSTUPCI TOKOM PRIPREME ZA GRADNJU NUKLEARNE ELEKTRANE
U CILJU OBEZBEDJENJA ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Sadržaj

U periodu pripreme gradnje nuklearne elektrane neophodan je značajan program aktivnosti da bi se obezbedila kasnija efikasna zaštita od zračenja. Pregled tih aktivnosti i postupaka, dat u ovom radu, obuhvata kako poslove koji su obaveza proizvođača opreme tako i mere koje preduzima investitor odnosno korisnik elektrane. Mnoge od ovih priprema obavljaju se prilikom izbora lokacije za buduću nuklearnu elektranu, a najznačajnije činjenice nalaze mesto u Preliminarnom izveštaju o analizi sigurnosti. Propuštanje da se u pravom trenutku obave potrebne pripreme može kasnije nepotrebno da poveća rizik izlaganja stanovništva i oteža zaštitu od zračenja.

1. Uvod

Najznačajnija razlika između nuklearne elektrane i neke druge termoelektrane u odnosu na okolinu je u činjenici da nuklearna stvara dodatni rizik od ozračivanja. Značajan višeton-ski inventar visoko aktivnog materijala zahteva preduzimanje niza mera i postupaka radi zaštite osoblja i stanovništva od potencijalne opasnosti da usled nekog udosa veliki deo radioaktivnog sadržaja iz nuklearnog reaktora dospe u okolinu elektrane.

Da se takav udes učini što manje verovatnim, a ako se on ipak dogodi, da se posledice udosa učine što manje štetnim, razvijen je složeni sistem zaštite. Taj sistem zaštite obuhvata kako

direktne mere neposredne intervencije tako i mere koje deluju na opšte uslove ili indirektno doprinose da se preduzete mere uspešnije i delotvornije sprovedu. Rad na stvaranju sistema zaštite od zračenja vremenski se proteže od nastanka koncepcije nuklearne elektrane pa do završetka njenog rada i demontaže postrojenja. Veliki deo tih aktivnosti, koji delimično ili u celini pripadaju složenom sistemu zaštite, treba obaviti još u toku pripreme za gradnju nuklearne elektrane. Ti poslovi su prikazani u ovom radu kao deo celine koja obezbeđuje stanovništvu zaštitu od zračenja.

2. Pripremni radovi

Pošto naša zemlja nije prva koja uvodi nuklearnu energiju u svoju elektroprivredu, to već postoji određeno strano iskustvo na planu zaštite od zračenja oko nuklearne elektrane. Takođe, postoji i domaća praksa zaštite od izvora zračenja kao i međunarodna regulativa. Na osnovu svega toga moguće je pripremati potreban sistem mera i postupaka znatno pre puštanja nuklearne elektrane u rad.

Deo takvih potrebnih mera obuhvata normative i regulativu. Počev od saveznih zakona i standarda pa do specifičnih i konkretnih propisa i normi, sve to treba da bude pripremljeno, usaglašeno i prihvaćeno pre završetka elektrane. U slučaju da neki od normativa ne bude pripremljen na vreme, tada mogu da se privremeno koriste odgovarajuće međunarodne preporuke ili propisi zemlje 'sporučioca opreme. U ovu kategoriju priprema spada pravovremena izrada i usvajanje međudržavnih ugovora i propisa o ovoj materiji. Na primer, strogo ograničenje za tačne efluentne u zemlji bilo bi besmisleno ako međunarodnim sporazumom nije sprečeno da iz uzvodnih elektrana preko granice rečnim tokovima dolazi radiološki zagadjenija voda.

U slične pripreme radnje spada i stvaranje odgovarajuće službe koja će se brinuti da se predviđena radiološka situacija održava u okvirima određenim regulativom. Tu spada, na primer, i organizovanje mreže merenja i kontrole. Za zaštitu od zračenja oko nuklearnih elektrana neophodno je da ova služba postoji i

deluje bar od trenutka pristizanja goriva.

U kategoriju prethodnih priprema spada i pripremanje kadrova i opreme, osposobljenih da sprovode akcije u okviru sistema zaštite od zračenja. Sa formiranjem stručnih i naučnih timova za kontrolu vazduha, vode i namirnica treba započeti dovoljno rano, da bi se u potrebnom trenutku raspolagalo sa kompetentnim ekipama koje mogu pouzdano da tumače rezultate merenja i odgovorno preduzimaju potrebne akcije.

Do započinjanja gradnje nuklearne elektrane potrebno je da bar prva faza pomenutih opštih priprema bude obavljena: konceptijski i okvirno najvažnije odluke treba da budu odredjene i prvi kadar osposobljen.

Ako se nuklearna oprema, ili jedan njen deo, izgradjuje u zemlji to pred domaćim isporučiocem opreme stoji obaveza da svoj tehnološki postupak dovede na viši nivo, uobičajen u svetu za izradu nuklearne opreme. Tu novu - nuklearnu - tehnologiju odlikuje naročito sledeće:

- preciznost i striktnost u zamisli, izradi i u postupcima eksploatacije,
- visok kvalitet, njegovo osiguranje i visoka pouzdanost,
- višestrukost u ograničavanju radioaktivnog materijala i višestrukost komponenti,
- proučavanje mogućnosti otkazivanja opreme i posledica,
- oprema sistema i komponenti za intervencije u slučaju otkaza u polju intenzivnog zračenja.

Osposobljavanje domaćeg isporučioca opreme za taj nivo tehnologije zahteva duge pripreme, pa se sa tim mora početi na vreme.

Prema međunarodnim propisima, a slični propisi postoje u mnogim zemljama, odgovornost za štetu koja nastaje od rada nuklearnih elektrana, njihovog goriva, otpadaka ili slično, snosi vlasnik toga objekta. Time se obavezuje vlasnik, odnosno investitor, da preduzme sve razumne mere da spreči nastajanje štete usled dejstva zračenja iz nuklearne elektrane. Među pripreme koje on najpre preduzima spada sakupljanje svih potrebnih podataka, kao: informacije o karakteristikama budućeg izvora

zagadjjenja - reaktora i elektrane u celini, o uslovima šire okoline gde će se elektrana postaviti, o klimatskim i meteorološkim uslovima o demografskim prilikama itd. U tom trenutku investitor treba da raspolaze sa svim potrebnim normativima koji na datom prostoru regulišu pitanja nuklearne elektrane kao izvora radijacionog zagadjjenja okoline, pitanja transporta nuklearnog goriva, otpadaka, efluenata i druga slična pitanja.

3. Lociranje postrojenja

Lociranje nuklearne elektrane je jedan od činilaca koji najviše utiče na radijacioni rizik i zaštitu od zračenja. Stoga, ovaj postupak se vrlo brižljivo sprovodi. Pored uobičajenih kriterijuma za izbor lokacije za nuklearne elektrane uvode se i kriterijumi vezani za zaštitu stanovništva u okolini od zračenja.

Ovaj postupak može da se sprovodi u etapama, najveći deo posla obavi se pre početka gradnje, ali se detaljne studije nekih pitanja mogu nastaviti i posle puštanja elektrane u rad.

Kao osnova za analize služi radijaciona situacija okoline pre postavljanja nuklearne elektrane. Za to su potrebna odgovarajuća merenja, a na osnovu njih pravi se prva orijentaciona sinteza i dalja merenja potrebna za definitivnu odluku.

Kad se na osnovu sakupljenih podataka donese odluka o lokaciji, pristupa se detaljnom proučavanju na toj konkretnoj okolini. Korelacijom konkretnih uslova i usvojenih normi moguća je merodavna analiza raznih hipotetičkih radijacionih situacija i eventualnih rizika. Izostanak informacija iz prethodnih etapa treba u ovoj fazi priprema da se dopuni, da ne bi kasnije to ometalo rad. Osmatranje meteoroloških uslova na užoj lokaciji, na primer, može u prvoj fazi da bude supstituirano osmatranjem na nekoj nedalekoj postojećoj stanici. Samo tačna merenja na odabranoj lokaciji daju merodavne mikroklimatske podatke, jer poznato je na primer da pravci strujanja vazduha zavise i od reljefa okoline.

Karakteristike izvora, naročito podaci o efluentima u toku normalnog rada, treba da se u ovoj fazi pribave za konkretno postrojenje umesto ranije korišćenih - tipskih. Uz poznatije

22

karakteristika okoline, ti podaci omogućuju da se prouče putevi delovanja efluenata na stanovništvu - putem direktnog ozračivanja, putem udisanja gasovitih produkata ili putem hrane. Proučavanje faktora transporta omogućuje određivanje "kritičnog puta" za prenos aktivnog materijala do stanovništva kao i ugroženost najugroženije "kritične grupe" stanovništva. Ova analiza treba da razmotri stanje u početku rada elektrane, ali takodje, i situaciju pri kraju njenog veka.

4. Dopunski postupci

Radi pouzdanosti u uverenju da su preduzete sve mere neophodne za bezbedan rad, pre početka gradnje nuklearnog postrojenja zahteva se izrada izveštaja o analizi sigurnosti. Ovaj izveštaj se može raditi etapno, a prva verzija - preliminarni izveštaj o analizi sigurnosti daje pregled svih analiza i pokazuje da su preduzete mere dovoljne da se rizik od izlaganja radijacijama usled rada postrojenja svede na razumno malu meru.

Postupak oko izveštaja o sigurnosti upotpunjen je tako što drugo, nezavisno stručno telo prihvata i ocenjuje gornji izveštaj. Time se obezbedjuje nepristrasnost u proveru analiza.

Postupak oko izdavanja dozvole za gradnju je dalja provera valjanosti sprovođenja prethodnih mera za zaštitu. I ovaj se postupak može sprovođiti u etapama, uz zadovoljavanje sve strožijih uslova.

Kod isporučioaca opreme, i u projektovanju, i u izradi, i u montaži i sve do puštanja postrojenja u rad, sprovodi se postupak osiguranja kvaliteta. Njime se dokumentuje da su sve mere predviđene projektom, pa i zaštitne, dosledno sprovedene.

Svoje mesto medju predviđenim postupcima ima i pribavljanje saglasnosti stanovništva u okolini postrojenja. To je neka vrsta referenduma o širem poverenju u pogledu preduzetih mera.

5. Zaključci

Samo celokupan sistem mera i postupaka za zaštitu od zračenja oko nuklearnih elektrana obezbedjuje punu bezbednost stanovništva do onog nivoa koji savremena tehnologija može da obezbedi.

Propuštanje da se pravovremeno preduzmu mere ponekad ne može da se kasnije nadoknadi. Analizama treba obuhvatiti celokupni vek postrojenja i sve promene oko njega koje u tome roku utiču na radijacionu situaciju.

Abstract

An important program is needed before the nuclear power station construction starts in order to prepare an efficient radiation protection later. A survey of these activities and measures that should be taken on the site and at the component suppliers as well as in the national and international regulation, is presented. Many of these activities are part of the siting procedure, and most of them is described in the PSAR. If some of the necessary measures is not done on time, later it could be a cause for an increased radiation risk.

Literatura

1. Safety in Nuclear Power Plant Siting. Safety Series No 50-C-8, IAEA, Vienna 1978.
2. Information to be submitted in Support of Licensing Applications for Nuclear Power Plants Safety Series No 50-SG-G2, IAEA, Vienna 1979.
3. Safety in Nuclear Power Plant Operation including Commissioning and Decommissioning, Safety Series No 50-C-0, IAEA, Vienna, 1978.
4. Design for Safety of Nuclear Power Plants, Safety Series No-50-C-D, IAEA, Vienna, 1978.
5. Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants Safety Series No-50-C-QA, IAEA, Vienna 1978.
6. T. Tasovac, M. Zarić: Radijacioni uticaj nuklearnih postrojenja na okolinu, X Simp. Jug. Društva za zaštitu od zračenja, Zbornik, p.7. (1979).
7. M. Mihajlović, M. Čopić: Predpogonska merenja radioaktivnosti okoline JE Krško-naša iskustva i zaključci do kojih smo došli, X Simp. Jug. Društva za zaštitu od zračenja, Zbornik p.13. (1979).
8. B. Maršićanin: Faktori za odredjivanje obezbedjene zone pri lociranju nuklearne elektrane, XXIV Jug. Konf. ETAN-a, Zbornik IV. 131 (1980).

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

N. Ajdačić, M. Martić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

DISTRIBUCIJA RADIOAKTIVNOSTI U DELU VODOTOKA
DUNAVA

Rezime

U okviru kompleksnog programa istraživanja biogeochemijskih karakteristika vodotoka Dunava, merena je totalna beta radioaktivnost uzoraka sakupljenih duž 100 km ove reke, u široj okolini nuklearnog postrojenja - reaktora RA u Vinči. U ovom radu diskutovani su samo rezultati dobijeni tokom 1979 i 1980. godine.

Sa ciljem da se definiše ponašanje radioaktivnih materija pri njihovom transportu rečnim tokom, praćena je distribucija radioaktivnosti u sistemu voda-suspendovani materijal.

Uvod

Râd već postojećih nuklearnoenergetskih postrojenja duž vodotoka Dunava i planiranje gradnje novih objekata u slivnom području ove reke, nameće potrebu svestranog pristupa problemu zaštite rečnog sistema od kontaminacije radionuklidima, a time, šire gledano, problemu zaštite sredine u kojoj živi brojno stanovništvo zemalja kroz koje ova reka protiče.

Da bi mogao da bude donet sud o stepenu kontaminacije i potencijalnim opasnostima od nje, potrebno je da se stekne spoznaja o biogeochemijskom ponašanju radionuklida u posmatranom sistemu.

Osnovni parametri za ustanovljavanje i razmatranje zakonitosti pri prenosu i akumulaciji radionuklida u sistemu površinskih voda, svakako su podaci o sadržaju i nivou radioaktivnosti u pojedinim fazama sistema. U složenim procesima interakcija, odgovornih za njihov makroskopski bilans, od primarnog su značaja specifičnosti svakog sistema ponaosob, te empirijski moraju da se odrede parametri karakteristični za posmatrani sistem.

Zato je cilj ovog rada bio usmeren na određivanje sadržaja radionuklida u uzorcima sakupljenim tokom dve godine, na pet profila reke u vreme niskog, odnosno, visokog vodostaja, duž 100 km vodotoka, obuhvatajući okolinu nuklearnog postrojenja u Vinči.

Na osnovu dobijenih eksperimentalnih rezultata rada, određeni su distribicioni koeficijenti, čijim se razmatranjem dolazi do osnovnih zaključaka o raspodeli radionuklida između dominantnih faza u rečnom sistemu (voda-suspendovani materijal-materijal dna).

Ovom radu prethodilo je određivanje sadržaja mikroelemenata - stabilnih izotopa najznačajnijih, potencijalnih, radioaktivnih kontaminanata i praćena je njihova distribucija u istom sistemu.

Uslovi izvodjenja eksperimenta

Izbor lokacija.

U skladu sa ciljem ovog rada, izbor lokacija za sakupljanje uzoraka izvršen je tako, da se bar jedan od odabranih profila nalazi uzvodno od Vinče i da rastojanje među profilima bude od 20 - 40 km, sa većom učestanošću na delu vodotoka planiranog za moguće lociranje nuklearnoenergetskog postrojenja.

Deonica na kojoj se nalaze eksperimentalni profili: Stari Banovci, Beograd-Vinča, Grocka, Dubravica i Ram, naznačena je na priloženoj hidrografskoj karti dela sliva Dunava (sl.1).

Sa sredine i sa obe obale reke, sakupljan je po 1 litar vode, kao i materijal dna.

Obrada uzoraka. Uslovi merenja.

Uzorci vode obradjeni su tako što je centrifugiranjem odvajan suspendovani materijal, koji je sušen na 105°C. Pošto je prethodno izmerena pH-vrednost i električna provodljivost filtrata svakog uzorka, ovi su uparavani do suva, mineralizovani žarenjem na 450°C i pripremani za merenje radioaktivnosti.

Uzorci materijala dna, u periodima visokog vodostaja, na ovom delu vodotoka, retko mogu da se nadju. U periodu niskih voda, ponegde, oni su bili nadjeni. Od sakupljenog materijala, sušenog, takodje, na 105°C, pripremani su uzorci za merenje radioaktivnosti.

Totalna beta radioaktivnost merena je antikoincidentnim GM-brojačkim uređajem, u odnosu na standard ^{40}K .

Diskusija rezultata. Zaključak.

Rezultati određivanja totalne beta radioaktivnosti pokazuju: da se nivo vrednosti kreće u opsegu od 0,03-15,69 kBq/kg suspendovanog materijala, odnosno, materijala dna, dok je totalna beta radioaktivnost uzoraka filtrata u opsegu od 0,004-1,63 kBq/m³. Ako se izuzmu ekstremne vrednosti, prouzrokovane lokalnim uticajima i varijacije usled različitih hidroloških uslova, opaža se relativno mala disperzija rezultata oko srednje vrednosti, posmatrano duž čitave eksperimentalne zone. Ovo ukazuje na veliku prihvatnu moć reke u ovom delu vodotoka, za razliku od vodotoka manjih rečnih sistema, u kojima se lokalna zagadjenja, vremenski i prostorno, odražavaju u znatno većoj meri.



Slika 1. Hidrografska karta dela sliva Dunava.

Od lokalnih zagadjenja radioaktivnim materijama, konstatovanih tokom rada, najznačajnije je na profilu "Ram", na kome se opaža uticaj termoelektrane "Kostolac". Otpadne i spirne vode sa deponije šljake ove termoelektrane, nošene rekom Mlavom, ulivaju se u Dunav, doprinoseći, zavisno od hidrometeoroloških i hidroloških uslova, njegovoj većoj ili manjoj kontaminaciji. Ovo se povremeno opaža na strani uliva Mlave čak i na sredini reke.

Odredjivanjem distribucionih koeficijenata (Tabela 1) za uzorke sa ovog profila, sledi zaključak da se radioaktivna komponenta nalazi pretežno u obliku nerastvornih jedinjenja, vezana za čvrstu fazu sistema, nezavisno od hidroloških uslova.

Izuzimajući profile kod Starih Banovaca i Vinče, na kojima su konstatovani slični efekti, samo u znatno blažoj formi, na ostalim profilima, u većini slučajeva, sadržaj radionuklida je u granicama prirodne radioaktivnosti površinskih voda, a njihova distribucija među fazama sistema je konstantna ($Kd_s^* = n \cdot 10^3$) i, naravno, na specifičan način je zavisna od hidroloških uslova.

Odnos Kd_s i Kd_d^{**} vrednosti ne bi mogao da bude diskutovan zbog malog broja podataka za vrednosti Kd_d , što je uslovljeno objektivnim okolnostima da se na ovoj deonici vodotoka Dunava, zbog odlika rečnog korita i hidroloških parametara, sediment malo gde može da nadje. No, i na osnovu raspoloživih podataka, može da se zaključiti da radionuklidi kao i mikroelementi ^(1,2,3) u većoj meri migriraju iz materijala dna u tečnu fazu, no iz suspendovanog materijala, što je od značaja pri razmatranju problema akumulacije radionuklida u Djerdapskom jezeru.

* koeficijent raspodele radioaktivnosti u sistemu voda-suspendovani materijal

** koeficijent raspodele radioaktivnosti u sistemu voda-materijal dna.

TABELA 1. UPOREDNI PREGLED DISTRIBUCIONIH KOEFICIJENATA U SISTEMU VODA - SUSPENDOVANI MATERIJAL (Kd_s) I VODA - MATERIJAL DNA (Kd_d), ZA UZORKE SAKUPLJANE U PERIODIMA VISOKOG I NISKOG VODOSTAJA (PROLEĆE, JESEN), TOKOM 1979. I 1980. GODINE

Mesto uzimanja uzorka		1979				1980			
		Proleće		Jesen		Proleće		Jesen	
		$Kd_s \cdot 10^3$	$Kd_d \cdot 10^3$	$Kd_s \cdot 10^3$	$Kd_d \cdot 10^3$	$Kd_s \cdot 10^3$	$Kd_d \cdot 10^3$	$Kd_s \cdot 10^3$	$Kd_d \cdot 10^3$
Stari Banovci 1192 km	D	nije radjeno		20,8	*	8,4	-	13,5	-
	S	"-"	"-"	26,3	-	14,9	-	11,3	-
	L	"-"	"-"	417,0	-	9,0	-	7,0	-
Vinča 1145 km	D	11,1	5,0	4,6	7,5	5,8	4,8	20,0	nije radjeno
	S	nije radjeno		nije radjeno		6,8	-	14,1	"-"
	L	"-"	"-"	"-"	"-"	8,3	-	11,0	"-"
Grocka 1126 km	D	8,3	8,5	31,3	5,5	12,2	5,5	1,2	nije radjeno
	S	nije radjeno		nije radjeno		nije radjeno		9,7	"-"
	L	"-"	"-"	"-"	"-"	"-"	"-"	6,9	"-"
Dubravica 1103 km	D	3,7	-	33,4	-	5,8	-	0,4	-
	S	2,7	-	3,6	-	8,9	-	6,3	-
	L	12,2	6,0	31,3	-	3,4	-	12,1	-
Ram 1076 km	D	9,0	-	2450,0	-	8,2	-	6,1	-
	S	10,2	6,5	0,7	-	105,9	-	4,2	-
	L	1,9	2,8	3,4	19,0	6,2	-	3,7	-

* "-" u vreme sakupljanja uzorka, zbog karakteristika rečnog korita, nema sedimenta (materijal dna).

Abstract

In this paper are discussed measurements of the total beta radioactivity of samples collected within a hundred kilometers distance of the Danube river, near the nuclear reactor RA at Vinča, as a part of the complex programme of biogeochemical investigation of the Danube river.

Only the results of our investigations in 1979 and 1980 have been discussed.

The behaviour of radioactive materials and their transport through aquatic media are considered by discussing the distribution coefficients.

Reference

1. T.Tasovac, N.Ajdačić,
"Trace elements in the Danube river aquatic media"
Internat. Conf. BCD, Athens, April, 17-19, 1980, p.130.
2. N.Ajdačić, M.Martić,
"Radioaktivnost okoline nuklearnog reaktora u Vinči"
IBK-report No 1524, Vinča, 1980.
3. N.Ajdačić, M.Martić,
"Distribucija radioaktivnosti u sistemu voda-suspendovani materijal", u delu vodotoka Dunava", Interna publikacija, Vinča, 1980.

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

Mr. Ljiljana Knežević, dipl. inž. i Olga Janković, dipl. fiz. hem.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

SORPCIJA I MIGRACIJA RADIONUKLIDA U ZEMLJIŠTU U OKOLINI
REAKTORA RA U VINČI

Rezime

Ispitivane su fizičko-hemijske i sorpcione osobine zemljišta u bližoj okolini nuklearnog reaktora RA u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči u laboratorijskim uslovima. Primenom jednačine migracije radionuklida ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co uz učešće sorpcije izračunati su parametri koji karakterišu sorpciono-migracione procese nekih dugoživećih radionuklida u zemljištu.

Uvod

Radionuklidi koji mogu da dospevaju u zemljište na deponijama radioaktivnih otpadnih materijala u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči pokazuju veoma različito ponašanje pri sorpciji i migraciji u vertikalnim slojevima tla zavisno od brojnih faktora: tipa zemljišta i njegovih hidrogeoloških karakteristika, vrste radionuklida, tečne faze sistema i dr.

U cilju zaštite podzemnih voda od zagadjivanja najzastupljenijim radionuklidima u otpadnim materijalima ^{90}Sr , ^{137}Cs i ^{60}Co , ispitivali smo u laboratorijskim uslovima na modelnim sistemima njihov transport kroz zemljište čije smo karakteristike prethodno odredili. Primenom jednačine migracije radionuklida uz učešće sorpcije odredili smo parametre koji karakterišu migracije kroz zemljište do podzemnih voda.

Eksperimentalni deo

Uzorci zemljišta uzimani su i posle kišnog perioda sa tri različita mesta u blizini deponija radioaktivnog otpadnog materijala

sa dubine 1 m. Poroznost zemljišta iznosila je oko 40%, a koeficijent filtracije oko $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Narušenim uzorcima zemljišta punjene laboratorijske staklene kolone prečnika 0,02 m, a visine stuba zemljišta 0,05 m. Mikroskopskom, diferencijalnom termijskom i granulometrijskom analizom nadjeno je da nema bitnih promena u sastavu zemljišta u zavisnosti od mesta uzorkovanja, pa su rezultati dati za jedno mesto. Kroz gornji otvor kolone kontinualno je uveden simulirajući rastvor podzemne vode sledećeg sastava: $1 \cdot 10^{-2}$ mol/m³ Cs⁺ obeleženog ¹³⁷Cs odnosno $5 \cdot 10^{-3}$ mol/m³ Sr²⁺ + ⁹⁰Sr odnosno Co²⁺ + ⁶⁰Co. Sadržaj ostalih katjona mol/m³ bio je: 1,0 Na; 2,0 Ca; 2,0 Mg; 0,03 K; 0,70 SO₄; 0,04 NO₃; 0,35 Cl; 8 HCO₃, a pH je bilo 7,3. Odredjeni su koeficijenti distribucije kao odnos količine adsorbovanog radionuklida po kg zemljišta prema količini radionuklida u $1 \cdot 10^{-3}$ m³.

Rezultati i diskusija

Zavisnost izmedju pojedinih parametara sorpciono-migracionih procesa koji se odvijaju pri transportu radionuklida kroz vertikalni sloj zemljišta do prvog vodonosnog sloja može se predstaviti jednačinom:

$$D \frac{\partial C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} - \left(1 + \frac{1-a}{a} \rho K_d\right) \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

gde je:

$1 + \frac{1-a}{a} \rho K_d = K_f$ - retardacioni faktor sloja.

D-koeficijent disperzije radionuklida m²/s

V-brzina filtracije m/s

a-poroznost

ρ -specifična gustina zemljišta kg/m³

K_d-koeficijent raspodele radionuklida izmedju čvrste

i tečne faze

C-koncentracija polutanta na rastojanju x mol/m³

t-vreme migriranja, s

x-predjeni put radionuklida u vremenu t, m.

S obzirom da se radi o dugoživećim radionuklidima konstanta radioaktivnog raspada nije uzeta u obzir. Jednačina važi za linearnu sorpcionu izotermu i aproksimativno može da se primeni za migraciju tečne faze sa datim nivoom koncentracija makrokomponente koja odgovara

prirodnim uslovima, saglasno našim ranijim radovima (1-3).

Za rešenje jednačine korišćen je izraz Hashimota i Thomasa (4)

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{P} \frac{1-\tau}{\sqrt{\tau}} \right) \quad (2)$$

gde su:

C_0 - početna koncentracija radionuklida mol/m³

$\tau = \frac{v \cdot t}{K_f \cdot l}$, $P = \frac{v \cdot l}{4D}$ - Pekleov broj

l - visina sloja zemljišta, m.

Na osnovu odredjenih karakteristika zemljišta i koeficijenata distribucije nadjeni su parametri jednačine koji karakterišu sorpciono-migracione procese, a koji su dati u tab.1.

Tab.1. Parametri sorpcije i migracije radionuklida ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs i ⁶⁰Co

Radionuklid	Kd	Kd·ρ	Kf	D·10 ⁴	Vreme migracije kroz 1 m zemljišta, s
⁹⁰ Sr	34	91	137	7·10 ⁻⁸	1,4·10 ⁹ s
¹³⁷ Cs	2300	6200	9300	1·10 ⁻⁹	9,3·10 ¹⁰ s
⁶⁰ Co	520	1400	2100	5·10 ⁻⁹	2,1·10 ¹⁰ s

Zaključak

Ispitivana je sorpcija i migracija ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs i ⁶⁰Co na modelnom sistemu u laboratorijskim uslovima. Zaključeno je da su relativni odnosi vremena migracije pojedinih radionuklida srazmerni odnosima njihovih koeficijenata raspodele pri istim uslovima. Najsporije će migrirati Cs, nešto brže Co, a najbrže Sr.

S obzirom da je glavna glinena komponenta ispitivanog zemljišta mineral ilit, koji je selektivan za Cs, razumljivo je da je najveća sorpcija i najsporija migracija ¹³⁷Cs. Vreme potrebno da pri datim realnim uslovima katjoni Cs⁺ predju put od 1 m, kao što se vidi iz tabele 1. iznosi za ¹³⁷Cs 3100 godina, za kobalt 700 godina i stroncijum 47 godina.

THE SORPTION AND MIGRATION OF RADIONUCLIDES
THROUGH THE SOIL IN THE VICINITY OF THE BORIS KIDRIČ INSTITUTES
NUCLEAR REACTOR

Abstract

Physico-chemical and sorption properties of soil in the vicinity of nuclear reactor in the Boris Kidrič Institute in Vinča was investigated under laboratory conditions.

The parameters of sorption and migration processes for radionuclides ^{89}Sr , ^{137}Cs and ^{60}Co in the soil were evaluated in terms of the equation of migration.

Literatura

1. O.Janković and Lj.Knežević, Congres IRPA/2/P.224, Brighton, 1970
2. Lj.Knežević, O.Janković, M.Mandić, XXIII Savetovanje hemičara SR Srbije, Beograd, 1981.
3. O.Janković, Lj.Knežević, X simp.Jugosl. društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac, 1979
4. J.Hashimoto et al., J and EC Fund.Vol.3. No3, 1964, 213
5. A.H.Lu, Health Physics, 1978, Vol.34, pp.39-44.

II. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja Portorož, 21.-24.4.1981

Nada Marinković

OOOR Institut za nuklearnu
energetiku i tehničku fiziku

Institut za nuklearne nauke
"Boris Kidrič" - Vinča

KONTROLA REAKTIVNOSTI REAKTORSKOG JEZGRA GADOLINIJUMOM SA ASPEKTA ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Sadržaj - Osnovni cilj pri eksploataciji nuklearne elektrane je povećanje raspoloživosti odnosno postizanje produženih ciklusa rada na nominalnoj snazi. Ovo se može postići povećanjem obogaćenja goriva što izaziva probleme kontrole reaktivnosti reaktorskog jezgra na početku produženog ciklusa što je osnovni faktor koji definiše problem sigurnosti i zaštite usled znatnog povećanja neutronskog fluksa. Višak reaktivnosti usled povećanog obogaćenja goriva kompenzuje se u samom jezgru korišćenjem sagorljivog otrova kao što je gadolinijum kako bi se izbegle izmene u konstrukciji i načinu upotrebe kontrolnih i sigurnosnih šipki i eventualna poboljšanja zaštite od neutronskog zračenja.

Uvod

Povećanje raspoloživosti jedne nuklearne elektrane, odnosno uštede prilikom zamene goriva postižu se produžavanjem ciklusa rada reaktora na nominalnoj snazi. Postizanje produženih ciklusa zahteva povećavanje ugradjene reaktivnosti na početku ciklusa a to je moguće ostvariti povećanjem obogaćenja svežeg goriva, što stvara probleme kontrole reaktivnosti reaktorskog jezgra na početku produženog ciklusa. Povećana reaktivnost znači povećanje neutronskog fluksa što je osnovni faktor koji definiše sigurnost i zaštitu od neutronskog i gama zračenja u okolini reaktora. Sa ciljem da se izbegnu izmene u konstrukciji i načinu korišćenja kontrolnih i sigurnosnih šipki kao i eventualna poboljšanja zaštite u neposrednoj okolini reaktora pribegava se kompenzovanju viška reaktivnosti dodavanjem tzv. sagorljivog otrova (apsorbera) u gorivo.

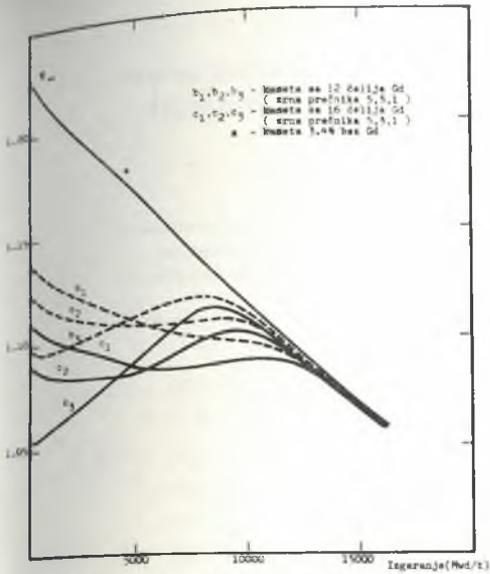
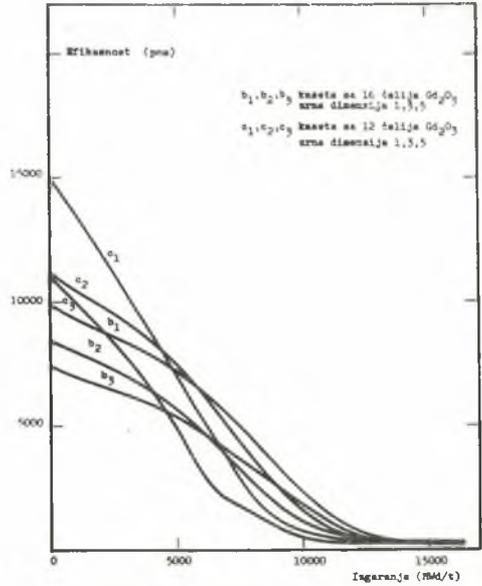
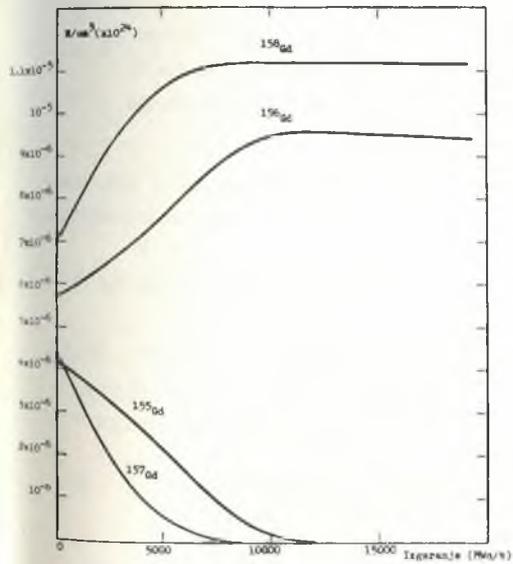
Materijali koji se mogu smatrati korisnim sagorljivim apsorberom imaju sposobnost apsorbovanja termalnih neutrona koja se smanjuje sa izgaranjem. Prirodni gadolinijum sadrži dva izotopa ^{155}Gd i ^{157}Gd koji imaju velike efikasne preseke za zahvat neutrona u termalnoj oblasti a produkti zahvata izotopi ^{156}Gd i ^{158}Gd imaju zanemarljivo male preseke za zahvat termalnih neutrona. Trošenje gadolinijuma odnosno njegovo nestajanje u gorivu nuklearnog reaktora u toku izgaranja predstavlja u stvari nestajanje njegove sposobnosti za apsorbovanje neutrona što omogućava da se koristi kao sagorljivi otrov.

Efikasnost Gadolinijuma kao sagorljivog apsorbera

U ovom radu ispitivane su osobine gadolinijuma koji se nalazi u gorivu obogaćenja 3.4% PWR-900MWe. (Za normalno funkcionisanje reaktora najveće obogaćenje predviđeno je 3.1%.) Razmatrana je gorivna kasete tipa 17x17 a gadolinijum je bio u obliku Gd_2O_3 . Doza gadolinijuma bila je konstantna a razmatrane su dve vrednosti zatrovanja: 12 i 16 elementarnih ćelija sa Gd_2O_3 u kaseti. Oksid gadolinijuma bio je u obliku homogene smese sa UO_2 ili u obliku zrna različitih dimenzija.

Proračun parametara kritičnosti gorivne kasete sa sagorljivim otrovom vršen je za slučaj nominalnih radnih uslova. Korišćen je program APOLLO /1/ za rešavanje transportne jednačine neutrona metodom verovatnoće sudara. U slučaju gadolinijuma u obliku zrna korišćena je verzija programa koja uzima u obzir samozaštitu na zrnima odnosno tretira dvostruku heterogenost sredine /1/.

Zavisnost k_{∞} od izgaranja za gorivne kasete sa različitim konfiguracijama Gd_2O_3 pokazana je na Sl. 1. Na početku ciklusa reaktivnost opada (stvaranje Xe i Sm) a zatim raste jer se količina sagorljivog otrova smanjuje (Sl.3). Vrednost izgaranja pri kojoj reaktivnost dostiže maksimum naziva se tačkom "nestajanja" gadolinijuma. Realno gadolinijum "nestaje" nešto kasnije a u ovoj tački je njegovo nestajanje u izvesnoj meri kompenzovano stvaranjem fisioh produkata i izgaranjem goriva. Dalje, reaktivnost

Sl. 1. Zavisnost k_{∞} gorivne kasete u funkciji isgaranjaSl. 2. Efikasnost Gd_2O_3 različitih konfiguracija u funkciji isgaranja.

Sl. 3. Promena koncentracija isotope gadolinijuma u funkciji isgaranja. Gorivna kaseta sa 16 satrovanih ćelija.

opada i kriva ima isto ponašanje kao u slučaju gorivne kasete bez gadolinijuma. Osnovni parametri koji definišu zavisnost k_{∞} od izgaranja pokazani su Tabeli I.

Tabela I.

Zatrovanje br. ćelija sa Gd	Dimenzije zrna mm	k_{∞} izgaranje=0	Tačka "nestajanja" (MWd/t)	Početna efikasnost
0	/	1.227315	/	/
12	1 mm	1.098195	10 000	11 100
12	3	1.124612	11 000	8 800
12	5	1.139919	12 000	7 400
16	1 mm	1.055156	9 900	15 100
16	3	1.090379	11 600	11 800
16	5	1.110789	13 000	10 000

mm relativne jedinice, mm Gd_2O_3 u prahu

Efikasnost gadolinijuma kao sagorljivog otrova definisana je kao promena reaktivnosti gorivne kasete istog obogaćenja sa i bez Gd_2O_3 . Zavisnost efikasnosti gadolinijuma od izgaranja za različite oblike zatrovanja pokazana je na sl. 2.

Za izbor oblika zatrovanja potrebno je poštovati sledeće uslove:
 - male varijacije k_{∞} u toku izgaranja kako bi se olakšala kontrola i upravljanje reaktorom,

- male razlike reaktivnosti između susednih gorivnih kaseti sa i bez gadolinijuma.

Na osnovu navedenih rezultata izabran je za dalje ispitivanje Gd_2O_3 u obliku zrna dimenzije 3 sa zadatom dozom zatrovanja ali je predloženo korišćenje kaseti sa 12 i sa 16 zatrovanih elementarnih ćelija.

Izbor konfiguracije kasete sa Gd

Osnovni kriterijum za izbor optimalnog položaja elementarnih ćelija sa Gd_2O_3 u UO_2 u gorivnoj kaseti bio je minimalni mogući form-faktor (minimalni pik normirane raspodele snage u kaseti).

Korišćenjem biblioteke efikasnih preseka po elementarnim ćelijama iz pomenutih transportnih proračuna vršeni su dvodimenzioni

								1.01					
							1.02	1.01					
&							1.05	1.03	1.02				
						0.00	1.07	1.04	1.02				
						1.05	1.07	1.07	1.05	1.03			
&						0.00	1.01	1.01	0.00	1.05	1.03		
						0.57	0.97	0.97	0.58	1.01	1.03	1.02	
						0.99	0.97	0.99	0.98	0.98	1.02	1.03	1.02
						0.00	1.02	1.02	0.00	1.04	1.02		

Sl. 4. Jedna četvrtina gorivne kasete sa 12 Gd
zatrovanih ćelija. Raspodela snage, izgaranje=0.

													0.96								
													0.95	0.95							
&													0.99	0.93	0.94						
													0.00	0.99	0.56	0.93					
													1.09	1.09	1.05	0.99	0.97				
&													0.00	1.08	1.08	0.00	1.05	1.02			
													1.06	1.05	1.02	1.04	1.07	1.06	1.04		
													1.08	1.06	1.02	0.58	1.01	1.07	1.06	1.05	
													0.00	1.10	1.07	0.00	0.99	1.02	0.00	1.08	1.05

Sl. 5. Jedna četvrtina gorivne kasete sa 16 Gd
zatrovanih ćelija. Raspodela snage, izgaranje=0.

& - voda

£ - Elementarne ćelije sa Gd_2O_3

difuzioni proračuni fine raspodele snage u kaseti programom DIANE /4/ (metod konačnih razlika).

Zaključak

Na osnovu analize promena reaktivnosti gorivnih kaseti koje sadrže gadolinijum u odnosu na one bez zatrovanja može se zaključiti da pogodni izbor konfiguracije Gd_2O_3 u UO_2 omogućava kontrolu reaktivnosti u samom reaktorskom jezgru. Drugim rečima višak ugrađene reaktivnosti usled povećanog obogaćenja goriva kompenzuje se sagorljivim otrovom ugrađenim u gorivne elemente na početku produžanog ciklusa. Pri tome sistem kontrolnih i sigurnosnih apsorbera može ostati nepromenjen u odnosu na normalne cikluse rada PWR.

Abstract - The aim of nuclear power plants exploitation is performing prolonged periods of full power for commercial purposes. This is possible to attain by increasing the fuel enrichment. The main problem in such a case is reactivity control for the increased values of thermal neutron flux. In order to avoid possible changes in the safety and control rods system it has been found useful to compensate the excess reactivity in the core itself by applying burnable poisons.

Literatura

- 1/ A.Kavenoky, APOLLO A General Code for Transport Slowing Down and Thermalization Calculations in Heterogeneous Media, Ann Arbor, Michigan 1973., Conf 730414-P1.
- 2/ M.Nasr, Etude des poisons consommables et qualification du gadolinium dans les réacteurs à eau, Thèse présentée à l'université de Paris-sud, 1979.
- 3/ D.Jager, N.Marinković, Utilisation du Gd comme poison consommable Note-SERMA-T-1337, CEA 1980.
- 4/ J.Busac, P.Reuss, Traité de neutronique, Collection enseignement et sciences, Paris 1978.

XI. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 PORTOROŽ, 21.-24.4. 1981

D. Petrović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
 "dr Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

RAZMATRANJE AKCIDENTA NA NUKLEARNIM POSTROJENJIMA U SVETU

Sakupljeni su podaci o do sada registrovanim nuklearnim akcidentima u svetu i razmatrani putevi kontaminacije životne sredine, vrsta i količina kontaminanta i njihov oblik, kao i veličina čestice koja se oslobadja u akcidentima. Posebno su razmatrani oblik i dimenzija čestica gasova sa aspekta mogućnosti širenja, detekcije i opasnosti.

Mogućnost kontaminacije zbog akcidenta na nuklearnim uređajima:

Pored opasnosti usled izlaganja spoljnjem zračenju-priljebnoj dozi, stanovništvo po ed nuklearnih postrojenja i laboratorija može biti izloženo spoljašnjoj i unutrašnjoj kontaminaciji prilikom akcidenta na nuklearnim postrojenjima. Opasnost kontaminacije je različita i zavisi od vrste i količine radioaktivnog materijala, kao i načina rasprostiranja (putem vazduha, vode ili hrane).

TABELA 1.

Toplotna snaga i radioaktivnost fisionih produkata
 (posle normalnog zaustavljanja reaktora: prema I.C.R. McCullough
 et al. A.E.C., USA

Vreme posle zaustavljanja reaktora	Nivo aktivnosti upoređen sa trenutnom termičkom snagom reaktora			
	300 kW		250.000 kW	
	u kW	u Bq ($3,7 \cdot 10^{16}$ Bq)	u kW	u Bq ($3,7 \cdot 10^{16}$ Bq)
10 SEC	12,9	2,1	11.000	1.800
1,7 min	8,0	1,3	6.800	1.100
16,7 min.	5,2	0,84	4.300	700
2,8 h	3,3	0,53	2.700	440
28 h	2,0	0,33	1.700	280

U normalnom radu nuklearnih postrojenja, odnosno svi problemi sastoji se u tome da se pre svega ograniči disperzija radioaktivnih materija u okolnu sredinu, ispod koncentracije predviđenih nacionalnim zakonima ili preporukama Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP).

To je na primer slučaj kod reaktora hladjenih vazduhom, da se filtracijom celokupne mase vazduha upotrebjene za hladjenje eliminišu sve opasnosti koje bi mogle proizaći od izbacivanja radioaktivnih aerosola u okolnu atmosferu. Ovi radioaktivni gasovi pripadaju porodici ksenona i argona. Radioaktivnost vazduha za hladjenje koji se u atmosferu izbacuje preko visokog dimnjaka, potiče još od aktiviranja grafitne i betonske prašine, a takodje i od uranom spolja kontaminiranih obloga gorivih elemenata.

U slučajevima tehničkih akcidenata, opasnosti koje mogu da nastanu imaju drugačiji karakter nego one koje nastaju prilikom eksplozije nuklearnih oružja. Ovo znači da su efekti udarnog talasa i termički efekti striktno ograničeni na unutrašnjost instalacije, a radiološke konsekvence mogu biti sledeće:

- Kontaminacija zgrada nuklearnog postrojenja.

Disperzija fisionihih produkata može da bude ograničena postojanjem zaštitnog sistema koji je relativno hermetičan za gasove. Ovaj zaštitni sistem istovremeno onemogućava naglo širenje kontaminacije, zahvaljujući uređajima za ventilaciju (filtriranje) i izbacivanje gasovitih efluenata kroz visoki dimnjak.

- Disperzija radioaktivnog oblaka u atmosferu

U slučaju teškog akcidenta, izbačeni fisioni produkti dispergovani u okolnoj atmosferi, mogu u manjim ili većim zapreminama vazduha, odnosno na manjim ili većim površinama zemljišta da daj povećane koncentracije radioaktivnog materijala i da stvore opasnost inhalacije ili ozračivanja od prisutnog radioaktivnog materijala.

Nekontrolisano oslobadjanje radioaktivnosti dolazi uglavnom zbog razvijanja "superkritičnosti" i bežanja reaktora ispod kontrole; topljenje gorivnih elemenata reaktora u toku

normalnog radnog režima, ili posle zaustavljanja lančane reakcije. U završnoj fazi "bežanja ispod kontrole", jedan deo strukture reaktora može da se istopi, ispari i u odredjenom delu raznuši. Ovo je moguće i kod grafitnih reaktora hladjenih vazduhom, kada grubo "dizanje na snagu" može da bude dovoljno da izazove topljenje urana i zagrevanje okolnog grafita do nivoa kada uran i grafit mogu da se upale u vazduhu za hladjenje.

Kao efekat visokog neutronskog fluksa i povišene temperature, metalne obloge koje štite uran u gorivnim elementima mogu da pretrpe odredjene deformacije koje rezultuju u prskanju ove obloge. Kod vazduhom hladjenih reaktora, uran dolazi u kontakt sa strujom vazduha i počinje da se topi. Produkti sagorevanja mogu da se oslobode u rashladno kolo. Mada se čvrste čestice (specijalno Sr 90 u obliku prašine), u većini slučajeva zadržavaju pomoću filtera, gasoviti i volatini fisioni produkti (naročiti J 131), mogu da prodju kroz filter i da se rasprostiru u okolnu atmosferu.

Poseban problem je opasnost ozračivanja i kontaminacije stanovništva od aktinida koji potiču iz brzih reaktora. Njihov doprinos radijacionim oštećenjima je evidentan i kao problem veoma je težak. Aktinidi se najčešće pojavljuju kod brzih reaktora sa gorivim elementima od plutonijuma, sa teškom vodom. Ova razmatranja se odnose na brzi reaktor od 1.300 MW hladjenog sa tečnim natrijumom gde su gorivni elementi mešavina oksida plutonijuma (20 %) i obogaćeni uranijum (80 %). Na tabeli je dat doprinos brzih reaktora u poredjenju sa termalnim reaktorima.

Devet najvažnijih parametara su:

- vrsta reaktora
- frakcionalna raspodela oslobodjenih nuklida
- aerosolne karakteristike
- zastoj pre oslobadjanja
- trajanje oslobadjanja
- količina oslobodjenih nuklida
- atmosferski uslovi
- raspodela populacije
- efekti na zdravlje

Frakcionalno oslobadjanje nuklida u većini akcidenata
(Handling of Radiation Accidents 1977 str.6)

Vrsta nuklida	% oslobadjanja	
	termalni reaktori	brzi reaktori
Plemeniti gasovi	90	91
Halogeni	90	91
Rb i Cs	80	82
Sb i Te	15	24
Ba i Sr	10	18
Ru, Rh, Mo, Tc	3	13
"La" grupa	0,3	10
Aktinidi	0,3	10

Za nuklide koji su volatilni ili u gasnom stanju frakcije su za obe vrste reaktora skoro identične. Kao rezultat isparavanja goriva, ponekad, koplčine lantanida i aktinida su veće u slučaju brzih reaktora.

Akcident na eksperimentalnom reaktoru BORAX I: U SAD je izveden eksperiment u kojem je korišćen telekomandovani nuklearni reaktor, hladjen vodom. U toku jednog skokovitog porasta snage reaktora, ograničenog trajanja, izazvanog namerno, došlo je do burnog oslobadjanja energije koja je razorila jezgro reaktora.

U trenutku kratkotrajne ekspozicije, praćene slabim udarnim talasom, formirao se stub dima i prašine, tamno sive boje, koji se podigao na visinu od 25 m iznad reaktora. Oblak se kretao lagano, brzinom od 8 km/h niz vetar, da bi se podigao posle predjenih 4.200 m, na visinu od 300 m iznad zemlje i iščezao. Petog dana posle eksperimenta, nivo zračenja je opao dovoljno, tako da je bilo moguće preduzeti mere za dekontaminaciju instalacija.

Maksimalni nivoi zračenja, koje ovde nećemo iznositi, ukazuju da je vazduh, a verovatno i teren bio kontaminiran. Veličina i vrsta kontaminacije nije data.

Zaključak: Razoreno jezgro reaktora, pojava oblaka i najverovatnije da je postojala kontaminacija terena oko reaktora. Način oslobadjanja nuklida nije dat.

Akcident na reaktoru NRX: 1953. g. na Kanadskom reaktoru NRX, došlo je do akcidenta usled toga što je otkazalo funkcionisanje kontrolnog sistema. Ovo je izazvalo teška mehanička oštećenja na reaktoru, i imalo je za posledicu difuziju znatnih količina radioaktivnih materija u okolni prostor.

Akcident na reaktoru No 1. u Vindskejlu: Ovaj reaktor, snage 60MW, klasičnog je tipa, sadrži grafitni kubus sa horizontalnim kanalima za gorive elemente i hladjen je vazduhom, Jezgro reaktora sadrži nekoliko stotina tona urana u oblogama od magnezijuma.

Prilikom ove operacije zaustavljanja reaktora, bez cirkulacije vazduha za hladjenje, tako da se podigne temperatura urana i grafita i da se tako održi veći broj časova, čime se grafit oslobadja nagomilane energije i "vraća" se u određenu kristalnu strukturu. Ovaj se postupak ponavlja više puta. Temperatura grafita koja je ostala vrlo visoka, izazvala je oksidaciju urana, što je izazvalo akcident u jednom velikom delu reaktora, tako da je uveće toga dana bilo obuhvaćeno 150 kanala, od ukupno 1.200 koji sačinjavaju reaktorsko jezgro. Akcident je potrajao 48 časova i za to vreme značajne količine goriva i produkata fisije su ušle u otvoreno rashladno kolb i bile izbačene u atmosferu, bilo zbog saturacije filtera, bilo zbog prolaska čestica manjih od $0,1\mu$, u čijem domenu se nalaze i čestice Sr-89 i Sr-90, bilo prodiranjem para J-131 koje nisu zadržane u sistemu za filtriranje.

Kontaminacija atmosfere, koja se podigla do uznemirujućih granica bila je uglavnom izazvana prisustvom J-131.

Jod se u gasovitom stanju taloži na travi putem difuzije. Brzina taloženja je definisana formulom:

depo na cm^2 zemljišta

volumetrijska konc. po cm^3 vazduha

i pokazala je za srednju brzinu taloženja joda $2,5 \text{ cm/sec}$.
Zaključak: U ovom skcidentu zapaljivanja uranovih šipki u jezgru reaktora došlo je do kontaminacije okoline **potem** ventilacionog sistema reaktora koji je hladjen vazduhom.

Akcident na reaktoru u Lucens- u Švajcarskoj: 1969. godine desio se skcident na eksperimentalnom nuklearnom reaktoru, koji je hladjen sa ugljen dioksidom, gde je korišćena teška voda kao moderador, postavljen u podzemnu pećinu. Gorivi elementi i bazen moderadora su bili oštećeni. Radioaktivni elementi su nap ustili primarni sistem zah hladjenje reaktora. Posle oko 4 časa pd početka akcidenta radioaktivnost vazduha je došla do kritične tačke - $111 \cdot 10^{-10} \text{ Bq/m}^3$ ukupne beta radioaktivnosti. Ova količina radioaktivnosti je poticala uglavnom od aktivnosti radioaktivnog J-131. Gama-spektrohemijske analize izvršene iste noći su pokazale prisustvo Rb-88 potomaka plemenitih gasova Kr-88 koji je bio najvažnija komponenta (99,9%) ispuštene radioaktivnosti. Merenja vazдушnih filtera, brisova iz pećine, filtera od staklenih vlakana iz dimnjaka je uglavnom vršeno sa Ge (Li) detektorima, snabdevanim sa automatskom evaluacijom. Vazdušni filteri sadrže najviše izotopa joda: J-135, J-133, J-132 i J-131. Merenja na delovima u reaktoru pokazala su značajne frakcije pojedinih izotopa, a najčešće: Te-132, Cs 137 i Cs-134. Pored ovih merenja vršena je i dugotrajna kontrola otpadnih voda iz reaktora.

Zaključak: Kontaminacije okoline odnosno prodiranje radionuklida u vazduh je bilo preko sistema za ventilaciju. Ovome pogoduje i posebna lokacija reaktora u pećini pod zemljom.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu iznetog pregleda možemo zaključiti da u slučaju nuklearnog akcidenta postoji određena opasnost od resturanja nagomilanog radioaktivnog materijala - fisionih produkata i to u velikim količinama. Samo mali deo ovog materijala dospeva u slučaju akcidenta u atmosferu i samim tim izaziva opasnost od šireg zagadjenja velikih geografskih površina. Opasnost od kontaminacije vodotokova takodje postoji. Na Tabeli 2. je prikazan mogući sastav kontaminanata pri određenim nuklearnim akcidentima u zavisnosti da li su termalni ili brzi reaktori. Opisani slučajevi u praksi sa akcidentima nuklearnih reaktora ukazuju opasnost od kontaminacije plemenitim gasovima koji lako prolaze kroz sve sisteme zaštite pri nuklearnim reaktorima. Potencijalno veća opasnost potiče od radioaktivnog joda, koji se pokazao kao veoma opasan i prisutan u većini akcidentata u atmosferi šireg područja reaktora. Može se odmah reći da u do sada opisanim akcidentima, najveća opasnost potiče upravo od radioaktivnog joda ($J-131$) i njegovih izotopa. Kontaminacija hrane nije zabeležena sem kontaminacije mleka, što je i razumljivo.

Pored radioaktivnog joda, opasnost dolazi, u manjoj količini od radioaktivnih čestica dimenzija manjih od 0,1 mikrona, koje pri saturaciji prolaze kroz filtre. Ova opasnost potiče uglavnom od radioaktivnog stroncijuma. Ostali potencijalni kontaminanti nisu zabeleženi u većoj meri kao prisutni u atmosferi izvan reaktora u opisanim nuklearnim akcidentima.

Svi opisani putevi kontaminacije u ovim akcidentima su bili sistem za ventilaciju i saturirani ili neefikasni filtri u ovim sistemima. Poseban problem su u tim sistemima radioaktivni plameniti gasovi, radioaktivni jod i njegovi izotopi i čestice prašine dimenzije ispod 0,1 mikrona. Ova poslednja kategorija je posebno opasna, pošto su to većinom dugovećni radioaktivni elementi, a dimenzija njihovih čestica ih

stavlja u najopasniju kategoriju prašine, odnosno aerosola, zbog toga što ove čestice prolaze sve prirodne prepreke u respiratornom sistemu čoveka.

SUMMARY

ANALYSIS OF ACCIDENTS AT NUCLEAR INSTALLATIONS IN THE WORLD

D. Petrović

Institute of Occupational and Radiological Health
"Dr Dragomir Karajović" Belgrade, Deligradska 29

This paper presents collected data on until now recorded nuclear accidents in the world and analyses the ways of contamination of living environment, sorts and quantities of contaminants and their form as well as particles size releasing in the accidents.

There were particularly analysed form and dimensions of particles and gases with aspect of possibility of spreading, detection and danger.

XI. Jugoslovanski simpozij iz zaščite pred sevanji
Portorož, 21. - 24.4.1981

M. Budnar, A. Trkov in A. Perdan
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

BANKA NEVTRONSKIH PODATKOV

Na IJS smo pred nekaj leti začeli s pripravo banke mikroskopskih nevtronskih podatkov. Njihov glavni izvor so knjižnice ENDF/B, KEDAK, UKNDL in SOKRATOR, ki pa je vsaka organizirana na drug način. V želji, da bi iz mikroskopskih podatkov katerekoli knjižnice izračunali grupne podatke za reaktorske proračune in proračune zaščite, smo se lotili predelave in izpopolnitve obsežnega programa FEDGROUP, ki naj vse to omogoči.

1. UVOD

Izmenjava nuklearnih podatkov potrebnih za reaktorske proračune, dozimetrijo, račune zaščite, medicino in podobno je organizirana preko mednarodnih centrov. Jugoslavija je vključena na področju, ki ga pokriva mednarodna atomska agencija (IAEA) na Dunaju. Preko IAEA se je možno oskrbeti s podatki iz vseh svetovnih knjižnic, ki so bili v preteklosti eksperimentalno ali teoretično obdelani in ki niso klasificirani (¹). Na IJS smo se na ta način oskrbeli s podatki iz ameriške ENDF/B, nemške KEDAK, britanske UKNDL, ameriške LENDL in sovjetske SOKRATOR knjižnice. V želji, da bi iz mikroskopskih podatkov iz katerekoli knjižnice izračunali grupne podatke za reaktorske proračune in proračune zaščite, smo se lotili predelave in izpopolnitve obsežnega programa FEDGROUP.

2. OPIS BANKE PODATKOV

Evaluirani nevtronski podatki iz različnih knjižnic s katerimi razpolagamo na IJS so opisani v tabeli 1. Podatki za jedra vključena v knjižnicah so a) evaluirani nevtronski preseki, to so eksperimentalni mikroskopski presek za večino nevtronskih reakcij, ovrednoteni na podlagi teoretičnih rezultatov, b) kotne in energijske porazdelitve sipanih nevtronov, c) sipalni zakon za ter-

TAB. št. 1: Osnovni evaluirani nevtronski podatki

Knjižnica	Opis	Štev. mater.	Štev. zapisov	Distribuc. leto
ENDF/B-III	Sipalni zakon za termično področje $H_2O, D_2O, Be, C, C_6H_6, ZrH_x, BeO, CH_2, UO_2$	10	101483	1973
ENDF/B-IV	Splošna knjižnica	91	216885	1974
ENDF/B-IV	Standardna jedra He-3, U-235, H-1, Li-6, B-10, O-12, Au-197	7	15106	1975
ENDF/B-IV	Fisijski produkti od Co do Er	825	105251	1974
ENDF/B-IV	Dozimet.podatki: točkovni od Li do Pu	26 26	7297 8736	1974 1974
ENDF/B-IV	Interakcije s fotoni	86	13403	1976
ENDF/B-V	Standardna jedra (error file) He-3, U-235, H-1, Li-6, B-10, O-12, Au-197	7	21951	1979
ENDF/B-V	aktinidi od Bi-212 do Es-253	47	57444	1979
ENDF/B-V	Fisijski produkti od Nb do Eu	28	31482	1979
ENDF/B-V	Dozimet.podatki: točkovni od Na do Pu	25 25	8856 9406	1979 1979
KEDAK-3	Splošna knjižnica	46	86710	1975
KEDAK-3	Splošna knjižnica	46	119653	1976
KEDAK-3	Splošna knjižnica	49	186826	1979
UKNDL	Splošna knjižnica	85	59480	1967
UKNDL	Splošna knjižnica	66	76583	1972
UKNDL-80	Splošna knjižnica	80	138945	1980
ENDL-76	Splošna knjižnica	24	46360	1975
ENDL-78	Splošna knjižnica	88	194088	1978
SOKRATOR	Splošna za: U-238, Fe, Pu-239, U-235 in Pu-240 samo elastični presek za jedra od Li do Al	16	13814	1972
SOKRATOR	Splošna za: U-238, D-2, Pu-239, U-235, Fe, Pu-240, He-3, Li-6, Nb-93	9	26746	1974

mične nevtrone, d) podatki za fisijske produkte, e) \bar{v} - povprečno število nevtronov pri fisiji, f) $\bar{\mu}$ - povprečni kosinus sipalnega kota, g) dozimetrijski podatki, h) razpadne sheme, i) podatki za reakcije s fotoni - žarki γ ali x, j) aktivacijski podatki i.t.d. Ti podatki so prvenstveno namenjeni kot osnovni podatki za reaktorske račune in za račune oz. projektiranje zaščite pred ionizirajočimi sevanji. Pomembni pa so tudi za dozimetrijo, meritve okolja, meritve majhnih aktivnosti in podobno.

Pri reaktorskih računih in projektiranju zaščite so potrebni grupni preseki in druge po energijskem spektru povprečene konstante. Za pripravo teh presekov so poleg prej naštetih osnovnih podatkov potrebni obsežni računalniški programi. Tako pripravljene preseki se nahajajo v posebnih knjižnicah grupnih konstant (nekatere so opisane v tabeli 2). Z namenom, da bi lahko sproti obnavljali obstoječe knjižnice z novimi mnogogrupnimi konstantami, temelječimi na novih osnovnih podatkovnih datotekah, smo se oskrbeli z madžarskim programom FEDGROUP (2). Pri izbiri tega programa nas je vodilo načelo, da je kompatibilen z večino svetovnih knjižnic in da je uporaben za poljubno grupno strukturo in poljuben povprečitveni spekter. Program smo popravili, preizkusili in priredili za računalnik CYBER 72. Z njim smo se uspešno lotili popraviljanja DLC knjižnice, ki jo uporablja transportni program ANISN in WIMS-D knjižnice, namenjene za proračun reaktorske celice s programom WIMS.

TAB. št. 2: Grupni podatki

Knjižnica	Opis	Štev. mater.	Štev. zapisov	Distribuc. leto
ENDF/B-III	DLC grupni podatki v 100 grupnem DOT formatu - za transp.program ANISN osnovani na ENDF/B-III podatkih	64	26034	1967
WIMS-D	69 grupni podatki v WIMS formatu - račun reakt. celice s programom WIMS osnovani na UKNDL-67	97	27226	1967
ARAMACO	26 grupni podatki - totalni, presek za zajetje, fisijski, neelastična sip.matrika	45	5782	1975

3. ZAKLJUČEK

Podatki iz svetovnih knjižnic ENDF/B, KEDAK, UKNDL, LENDL in SOKRATOR, s katerimi smo se oskrbeli preko mednarodne atomske agencije IAEA in s katerimi razpolagamo na IJS, so prvenstveno namenjeni za nadaljnje reaktorske račune in račune zaščite. Pred uporabo jih je potrebno predelati v mnogogrupne preseke in konstante s primernim računalniškim programom. Za to delo smo v preteklosti usposobili program FEDGROUP in ga priredili za računalnik CYBER 72. Podatki, ki jih imamo oziroma tisti, ki jih je možno dobiti preko IAEA pa so pomembni tudi za dozimetrijo, meritve okolja, meritve majhnih aktivnosti in podobno in so tako lahko zanimivi iz stališča zaščite pred sevanji.

Abstract

Neutron data bank has been organised in IJS recently. The main source of basic data are the evaluated libraries ENDF/B, KEDAK, UKNDL, LENDL and SOKRATOR disseminated by IAEA, each of them having their own format. With an intention to evaluate multigroup constants for reactor core and shielding calculation from any of the above libraries, the computer code FEDGROUP was implemented and tested.

Bibliografija

1. CINDU-11, March 1976, Report of the IAEA, Vienna
CINDU-11, Suppl. 1, April 1977, Report of the IAEA, Vienna
2. P.Vertes, INDC(HUN)-13/L+Sp
P.Vertes, INDC(HUN)-15/L

4. s e k c i j a

ZAŠČITA PRI RABI VIROV IONIZIRAJOČIH
SEVANJ V ZDRAVSTVU

3. ZAKLJUČEK

Podatki iz svetovnih knjižnic ENDF/B, KEDAK, UKNDL, LENDL in SOKRATOR, s katerimi smo se oskrbeli preko mednarodne atomske agencije IAEA in s katerimi razpolagamo na IJS, so prvenstveno namenjeni za nadaljnje reaktorske račune in račune zaščite. Pred uporabo jih je potrebno predelati v mnogogrupne preseke in konstante s primernim računalniškim programom. Za to delo smo v preteklosti usposobili program FEDGROUP in ga priredili za računalnik CYBER 72. Podatki, ki jih imamo oziroma tisti, ki jih je možno dobiti preko IAEA pa so pomembni tudi za dozimetrijo, meritve okolja, meritve majhnih aktivnosti in podobno in so tako lahko zanimivi iz stališča zaščite pred sevanji.

Abstract

Neutron data bank has been organised in IJS recently. The main source of basic data are the evaluated libraries ENDF/B, KEDAK, UKNDL, LENDL and SOKRATOR disseminated by IAEA, each of them having their own format. With an intention to evaluate multigroup constants for reactor core and shielding calculation from any of the above libraries, the computer code FEDGROUP was implemented and tested.

Bibliografija

1. CINDU-11, March 1976, Report of the IAEA, Vienna
CINDU-11, Suppl. 1, April 1977, Report of the IAEA, Vienna
2. P.Vertes, INDC(HUN)-13/L+Sp
P.Vertes, INDC(HUN)-15/L

4. s e k c i j a

ZAŠČITA PRI RABI VIROV IONIZIRAJOČIH
SEVANJ V ZDRAVSTVU

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Perterež, 21.-24.4.1981

Zoran Kalendarov

Republički zavod za zdravstvena zaštita ,Skopje
Oddelenie za zaštita od zračenje

AKTUALNI PROBLEMI ZAŠTITE OD ZRAČENJA U MEDICINSKOJ RADILOGIJI

U ovom preglednom predavanju učinjen je pokušaj da se sagleda, kakve je stanje u pogledu primljenih doza ekspozicije, ekvivalenata doza za pacijente, koji su izloženi osračivanju kod upotrebe izvora jonizujućih zračenja u Medicinskoj Radiologiji. Pregled korištenih metoda za utvrđivanje i procenu ekvivalenata doza za organe i subregione tkiva za pacijente i zdravstvene osoblje. Šta treba uraditi u očuvanju ALARA principa. Preporuke za redukciju primljenih ekvivalenata doza za organe i subregione tkiva.

1. Uvodna razmatranja

Termin medicinsko izlaganje ukazuje na izlaganje pojedinaca medicinskom pregledu ili postupak koji uključuje zračenje. Skoro svako medicinske izlaganje je povezano sa upotrebom zračenja za dijagnostičke ili terapijske svrhe.

Ciljevi medicinskih postupaka su:

1. Pregledi ili postupci direktno povezani sa bolestima,
 2. Sistematski pregledi a masovne svrhe ili za periodičnu kontrolu zdravlja,
 3. Pregledi koji čine deo nadzora radnika ili se sprovede za medicinsko-sakonske ciljeve,
 4. Pregledi ili postupci koji čine deo nekog medicinskog istraživačkog programa.
1. Opravednost odluke da li će medicinski pregled uključiti neku dozu zračenja, ponekad zavisi od samog lekara a ponekad od lica koji izvodi postupak. Odluka treba da bude na tačnej proceni iz-

dikacija za pregled, očekivana korist od takvog pregleda i način na koji rezultati takvog pregleda imaju uticaj na dijagnozu a samim tim i kasnija medicinska briga za pacijenta. Kod terapeutskih islaganja ekvivalenti doza za organe su mnogo veće, tako da zajedno i opasnost i korist od islaganja zračenju mogu biti procenjeni sa više tačnosti. Takođe je potrebno odlučivati se za alternativne terapeutske postupke i upoređivati njihove efikasnosti i njihove opasnosti koji su povezani sa samim postupkom zračenja.

2. Preduzeta periodična provera zdravlja bez upućivanje na neku poznatu bolest može da uključi neke vrste radioleških pregleda. Opravdanost za sistematske preglede biće bazirana na ravnoteži između koristi za pojedinca kao i za čitavu populaciju i štetnost koja nastaje takvim pregledima.

3. Pregledi preduzeti za procena pogodnosti pojedinaca za rad obezbedjuju informacijm za medicinske-zakonske ciljeve t.j. procenu zdravlja.

4. Pregledi ili postupci koji čine sastavni deo medicinskog istraživačkog programa ponekad uključuju direktne koristi za pojedinca nad kojim se vrši pregled a neki put ne.

Kada nove i eksperimentalne metode se sprovede za dijagnosticanje u korist pacijenata koji se testiraju, opravdanost može da bude procenjena na isti način kao i za druga medicinska islaganja.

Optimizacija islaganja postiže se pažljivim izborom tehnika, koja u većini slučajeva daje rezultat u smanjenju doza kod vršenja medicinskih, postupaka bez gubitka vrednosti od samih postupaka. Od posebne važnosti je uključenje Medicinske zdravstvene fizike kao predmet u opštem obrazovanju i praksi pojedinaca koji ulaze u profesiji iz Medicinske Radiologije od naučnika pa sve do tehničara koji pomažu kod medicinske upotrebe izvora jonizujućih zračenja.

2. Medicinska upotreba izvora jonizujućih zračenja

Medicinska islaganja su od naročit interes, pošto oni doprinose najvećem veštačkom ozračivanju i daju najveće per capita doze za populaciju, sa visokim trenutnim brzinama doza i urekuju najviše individualne ekvivalente doza za organe. Sa stanoivišta zaštite od zračenja medicinska islaganja nude najveće mogućnosti za smanjenje doza bez gubitka od zahtevane informacije tim postupkom. Medicinska islaganja edodaraju od mnogo drugih tipova islaganja natešte uključuju ozračivanje ograničene regione čovečjeg tela.

Medicinska izlaganja odudaraju od shvatanja da pojedinci koji su ozračivani su oni isti koji mogu očekivati direktne koristi od pojedinačnog tretmana ili pregleda.

Kod ranijih izveštaja /UNSCEAR 1958, UNSCEAR 1972/ naglasak je bio na proceni GSD. Prikazi takvih podataka služe kao potsticaj za buduće studije, tako da je to sada sasvim jasno u kojoj meri i u kom opsegu, medicinska izlaganja doprinose ukupnoj genetskoj dozi, koja raste sa porastom broja rentgen kabineta, samim tim i broj pregleda. Naglasak na GSD može da skrene pažnju od izlaganja drugih organa sem gonada, kao što je slučaj kod izvesnih tipova pregleda koji obično stvaraju vrlo niske gonadne doze sa vrlo visokim somatskim dozama kod drugih organa. Jedan primer je pregled pluća koji uključuje ozračivanje radiosenzitivnih tkiva kao što je pluća, grudi, koštana srž i tiroidea. Izveštaj iz 1972 /UNSCEAR 1972/ daje više informacija za doze koje prima koštana srž. Izveštaj iz 1977 /UNSCEAR 1977/ posvećuje veću pažnju na identifikaciju pojedinih vrsta pregleda kod kojih pojedini organi mogu da prime visoke doze ozračivanja, kao i potpunija slika o distribuciji doza kod radiosenzitivnih tkiva-koštana srž, tiroidea, pluća i grudi.

U izveštaju od 1977 godine Naučni Komitet UN postavio je tri svoja cilja kod prikaza podataka za nivo doza od medicinskih postupaka. Prvo, od interesa je znati individualne doze organa kod različitih tipova medicinskog ozračivanja, a naročito područje varijacija takvih doza kao osnova za na koji pokušaj odmeravanja radiacionih rizika prema očekivanim koristima za svakog pojedinog pacijenta i za različite cena/korist analize o zaštitnim merama. Drugo, od interes je poznavati individualne i kolektivne doze organa kod različitih medicinskih izlaganja kao deo prikaza kompletnog izlaganja zračenju čitave populacije. Treće, je identifikacija nekih grupa populacije izloženih visokim dozama zračenja, koje mogu biti od interes u epidemiološkim studijama. Za takav cilj, kolektivna doza zračenja predstavlja naročit interes. Prema tome individualne doze za pacijente mogu biti procenjene na osnovu najboljeg interesa za samog pacijenta i potrebu od dobijanja dijagnoze ili vršenje postupka. Kad je cilj, uništenje tumora sa zračenjem pacijentna doza kod različitih organa i tkiva može da varira od ulazne beznačajnih pa sve do visokih doza, koji stvaraju lokalna oštećenja tkiva u blizini površine postupka. P e r c a p i t a

dose od medicinska ozračivanja su prema tome sastavljene od široke varijacije doznih nivoa i distribucija kod individualnih slučajeva. Najveći doprinos per capita dozama dolazi od tipove izlaganja koji uključuju veliki broj pojedinaca, kao što je slučaj kod nekih rentgendiagnostičkih pregleda. Na osnovu grube procene UNS-CEAR godišnja per capita doza sa tkiva od interes je u područje od $50 - 100 \times 10^{-2}$ mGy, često GSD je oko 1/2 od per capita gonadne doze. Profesionalni doprinos kolektivnoj dozi od medicinske upotrebe zračenja je sasvim beznačajan u poredjenju sa doprinosom koji daje ozračivanje pacijenata. Komitet UN procenjuje da profesionalna izloženost radnika koji rade sa izvorima jonizujućih zračenja koji se koriste u medicinske svrhe daje godišnju kolektivnu dozu od 1 man gray per 10^6 populacije. Na kraju u svom izveštaju Komitet UN zaključuje da sve izveštaje koje dobija od različitih institucija pojedinih zemalja, da svi ti izveštaji su nepotpuni i moraju se vratiti onima koji su ih poslali a samim tim teško je osigurati da podatke za doze ozračivanja prikupljene od strane Komiteta UN su reprezentativne i dosta široke.

Danas, upotreba zračenja u medicinske svrhe je poznata kao komponenta koja daje najveći doprinos dozi zračenja na kojoj je izložena čitava populacija.

Medicinsko ozračivanje uključuje Medicinsku dijagnostičku radiologiju, Kliničku nuklearnu medicinu, Radiacionu terapiju i profesionalno izlaganje medicinskog i nemedicinskog personala

Ovo pregledno predavanje ima nameru da prikaže procenu doza nastale kod specifičnog izlaganja stanovništva (deo stanovništva) i celog stanovništva u našoj zemlji od medicinske upotrebe zračenja, kao dodatak, trendovi kod upotrebe zračenja u medicinske svrhe i njihov efekat na doze zračenja biće diskutovane.

Ekstrapolacije i projekcije pravljene u ovom preglednom predavanju su usmerene na specifične ekvivalente doze organa, bazirane na sadašnje raspoložive podatke i pretpostavke e postojejanosti parametara navedeni u prvobitnoj osnovnoj informaciji.

3. Osnovne informacije

Odvojeno biće zabeležane i diskutovane individualna doza zračenja i kolektivna doza zračenja za različite organe kod različitih dijagnostičkih postupaka. Individualna doza će zavistiti od razlike u korišćenim tehnikama za njene konačne dobijanje.

Kolektivna doza biće proporcionalna broju ozračenih lica na određenom nivou doze zračenja.

a. Individualna doza na jedinici postupka

Odredjivanje doza pojedinih organa za određeni pregled, istraživanje ili postupak može biti direktno: dozimetar bi bio postavljen na reprezentativna mesta u organu što je predmet našeg interesovanja. Medjutim, najčešći metod odredjivanja doza je indirektan: organ može biti nepristupačan i merenja moraju biti vršena na drugom mestu; proračuni ili druga vrsta merenja su potrebna u odredjivanju doze organa.

Merenja se normalno vrše na površini kože, dok za procenu ovarijalne doze merenja treba vršiti u vagini i rektumu. Merenja na površini kože kombinovana sa merenja vršena na fantomu što slično čoveku se koriste za procenu doza koštane srži. Odredjivanje doze zračenja drugih organa uglavnom se postiže Monte Carlo metodama ili upotrebom merenja na površini kože povezana sa merenjima na fantomu, podatke za procene dubinskih doza ili izodozne krive. Za organe koji su van glavnog snopa zračenja koriste se krive funkcija rasejanja. Kod korišćenja radiofarmaceutskih preparata za dijagnostičke svrhe, proračuni baziraju na distribuciji radiofarmaceutskih preparata i fizičke osobine nuklida pri tome se koristi određeni tip Monte Carlo tehnike sa vršenje ovakvih procena. Kod ovakvih procena doze zračenja organa javlja se porast greške upotrebom indirektnih metoda. Dok kod direktne metode merenja može se očekivati najmanja moguća greška.

Kod vršenje merenja na fantome koje slično čoveku, postoji određeni zahtev za takav fantom slično Reference Man ili normalnim pacijentima sa odgovarajućim karakteristikama tako da se greška sačuva u razumnim granicama. Publikacija ICRP 23 daje antropometričke uslove kao i fiziološke varijacije koje treba uzeti kod izbora modela i konstrukcije fantoma.

Veoma je veliki broj faktora koji utiču kod procene istinske organ doze primljene od individualnih pacijenata, medjutim, naročite zavise od dijagnostičkih zahteva, standardnost opreme i sposobnost operatora koji vrši preglede. Kako svaki tip medicinskog ozračivanja ima svoj cilj (t.j. uništenje tumora ili proizvodnja rentgenake slike) i je predmet optimizacije, dakako bi se mogle očekivati da će rezultatne doze slediti normalnu distribu-

ciju ako optimalne vrednosti.

b. Kolektivna doza kod vrste postupka

Idealno, šteta od jediničnog postupka (t.j. tek postupka ili poseban tip dijagnostičkog pregleda) biće procenjena preko težinske sume svih značajnih organ i tkive doze, dok u praksi potrebni težinski faktori nisu poznati. Nedostatak informacija za težinske faktore se nadoknađuje interesom za poznavanje različite organ doze, t.j. za procene relativnog rizika na bazi edredjenih vrednosti faktore rizika. Poznavanje ukupne kolektivne doze od svih vrsta medicinskog izlaganja služi kao baza za preciznu sveukupnog obračivanja populacije. Kolektivna doza može da bude upotrebljena kao relativna mera za šteta, ako doze su tako niske da efekti su proporcionalni samoj dozi.

Tačnost procena kolektivnih doza uvek zavisi od tačnosti u edredjivanju dva glavna faktora, t.j. individualne doze i broj obračunanih pojedinaca.

4. Rentgenska dijagnostička radiologija

U mnogim zemljama distribucija rentgendijagnostičkih aparata je neuniformna i broj instaliranih aparata raste sa povećanjem gustine populacije a samim tim i raste frekvencija izvršenih rentgendijagnostičkih pregleda. Kod nas je uradjena jedna takva studija za čitavu SFRJ još 1967 godine (Jekić i Marjanac, 1970), dok prvu takvu procenu u SFRJ izvršili su Petrović i saradnici 1957 godine za područje SRH i Milhailović i saradnici 1960-1963 godine za područje SR Slovenija. Te su jedine studije do sada izvršene što znači da već skoro 14 godina nije uradjena nikakva studija kao nastavak prethodnih.

Potencijalni mutageni efekat rentgenskog zračenja primljenog kod medicinskog izlaganja upućuje od samog početka na dozimetričke edredjivanje što će adekvatno izraziti genetsku značajnost.

Genetski značajna doza je jedan indeks za zračenje primljeno od genetske zajednice (populacije) edredjenog datuma (vremena). Ovaj indeks dozvoljava komparacije između različitih nacionalnih studija i služi kao važna mera za rentgensko izlaganje. Prvu studiju za procenu GSD za čitavu SFRJ za 1967 godinu objavljena je /Jekić, Žarkević, Marjanac, 1973/ tek 1973 godine, za područje SR Slovenija 1960-1963 i za područje SRM za 1967, 1972 i 1977 godine /Ka-

leondarov, 1978/ i za Beograd 1972-1974 godine /Temašević, 1975/.

Određivanje doze zračenja za druge organe sem gonada nije do sada urađeno kod nas a samim tim i ocena rizika od izlaganja rentigenakom zračenju. Za navedene studije odredjivanja GSD, procena gonadnih doza vršena je upotrebom konverzionih faktora i merenja na površini kože kod najopštih i najčešćih tipova rentgendiagnostičkih pregleda.

5. Dijagnostička unotreba radiofarmaceutskih preparata

Upotreba radiofarmaceutskih preparata u dijagnostičke svrhe je novijeg datuma a samim tim i izloženost populacije je ograničena na znatno manju frekventnost nego što su rentgendiagnostički pregledi. Međutim, postoji dobra evidencija o porastu upotrebe ovih izvora zračenja. Na osnovu izveštaja Naučnog Komiteta UN iz 1972 godine, konstatovano je da svake treće godine broj dijagnostičkih pregleda sa upotrebom radiofarmaceutskih preparata se udvestrućuje u nekim zemljama. Ovakav trend se nastavlja, a to je važne da više podataka iznesanih, omogućavaju procenu organ doza i GSD. Više tipova dijagnostičkih pregleda sa radiofarmaceutskim preparatima daju iste ili nešto manje organ doze nego komplementarni rentgendiagnostički pregledi. Pregled tiroideje upotrebom ^{131}J je glavni izasetak, jer sa uvedenjem alternativne i n v i t r e tehnike, broj i n v i v e testova upotrebom ^{131}J opada.

Porast upotrebe radioisotopa u razvijenim zemljama je evidentiran od strane IAEA kao i za našu zemlju. Od podatke koje raspolaže IAEA moguća je procena efekta uvedenja i opšte podatke o kratkoživčim radiofarmaceutskim preparatima i promena u zahtevima za rezultate koji daje kompjuterska aksijalna tomografija.

Uvedjenjem novih nuklida u radiofarmaceutske preparate koji daju niže doze za iste tipove pregleda dolazi do rapidnog povećanja broja pregleda. Promenom ^{198}Au sa $^{99\text{m}}\text{Tc}$ gonadna doza po pregledu se smanjuje za faktor 3 a kolektivna doza raste malo budući da raste broj pregleda. Znači naječekivane smanjenje doze bile je moguće uvedenjem sredinom 1960-te $^{99\text{m}}\text{Tc}$ koji se danas najmasovnije koristi u celom svetu kao i kod nas. Na osnovu zvaničnih podataka (IAEA, 1975) za najčešći tip pregleda upotrebom ^{131}J za ispitivanje funkcije tiroideje podaci su sledeći: Jugoslavija, populacije 20.4×10^6 , broj pregleda na 1000 stanovnika - 0.86, administrirani aktivitet, pedručje 18.5 - 370 MBq, prosečno na populaci-

ju - 114.7 MBq i broj skenova na 1000 stanovnika 0.63, administrirani aktivitet, područje 74 - 370 MBq, prosečne na populaciju 166,5 MBq. Može se kazati polazeći od ovih podataka situacije se menjaju značajne poslednjih godina. U nedostatku istraživanja u našoj zemlji biće upotrebljeni podatci koji daje /Reedler et al., 1975/ za upoređenje nekih poznatih deznih faktora za organe za broj pregleda i odgovarajuće doze po pregledu. Prikazi su dati na slajdovima.

6. Teraputska upotreba zračenja

Visoke doze zračenja se koriste u radioterapiji za postupke u dve važne klase bolesti, prva je bolest kože i druge nenoplastične bolesti gde se koriste doze zračenja od 10-20 Gy i druga klasa su neoplastične bolesti, sa različitim vrstama tumora gde se koriste doze zračenja od 60-70 Gy za lokalizaciju tumora. Ove visoke doze zračenja imaju destruktivno dejstvo na ćelije tumora. Takedje je evidentno da i zdrave ćelije u okolini tretiranog postupka primaju deo doze zračenja. Usled ozbiljnosti primarne bolesti-uništenje tumora, sasvim malo se posvećuje pažnja kasnijim štetnim efektima zračenja koji mogu da se pojave mnogo godina nakon izvršenog uspešnog postupka. Sazim tim je važna da se dobije precena doze zračenja koje primaju zdravi organi i tkiva ozračivani u teku tretmanakog režima, raži toga je u interesu da se prave precene o frekvenciji kasnijih efekata. Nažalost takvih precena kod nas gotovo nema i ovom prilikom moramo se poslužiti podatcima koji su objavljeni u literaturi /UNSCEAR 1977/. Slajdovi prikaz.

Terapeutika upotreba radiofarmaceutskih preparata je ograničena na upotrebu ¹³¹J za tretman hipertiroidizam, bolest srca i tiroidni kancer. Za tiroidni kancer daje se veoma visok inicijalni aktivitet od 7.4 GBq za administriranje. Takedje se koristi aktivitet od 3.7 GBq za uništenje metastatične područje kancera, nakon inicijalnog aktiviteta. Kakve je stanje u odnosu na doze zračenja koje se primaju prilikom administriranja radiofarmaceutskih preparata ne postoje istraživanja a sazim tim i nemogućnost scene njihove.

7. Medicinske profesionalne islaganje zračenju

Takedje, medicinske profesionalne islaganje zračenju, depri-
 nez porastu doza ozračivanja za populaciju. Na osnovu podataka
 dobijenih film dezimetrijem se precenjuje profesionalne islaganje
 lica koji rade sa medicinskim izvorima zračenja. Podatci dobijeni

film dosimetrijom služe kao indeks za dozu zračenja celom telu.

Jedna nezavisna analiza o ovoj informaciji, pokazuje u SR Makedoniji sledeće prosečne godišnje doze: rentgenolozi i rentgen tehničari - 3.2 mSv, stomatolozi i tehničari 1.1 mSv, lekari i tehničari nuklearne medicine - 2.56 mSv, i radioterapeuti i tehničari - 3.8 mSv. Do sada nije uradjena studija na nivou SFRJ e medicinskom profesionalnem izlaganju zračenju, što znači ne postoji mogućnost ocene koliko je doprinos od ove vrste izlaganja, ukupnoj dozi zračenja za populaciju.

8. Opšti zaključci o tačkama 4,5,6 i 7

Rentgendiagnostički pregledi imaju godišnji porast od 5 - 15%, zato što su u porastu medicinski zahtevi. Upotreba radiofarmaceutskih preparata u dijagnostičke svrhe širi se brzo poslednje decenije, a broj pregleda se udvostručuje svakih 3-5 godina. Radioterapeutska prakatika pokazuje sasvim malo publikovanih rezultata za neoplazne uslove, takodje i za maligne uslove u svetu a getovo nikakve u našoj zemlji. Nedsostatak studija pod tačkama 4,5,6 i 7 onemogućava sagledavanje stanja keričćenja i efekta koji se stvaraju kod medicinske upotrebe izvora jonizujućih zračenja.

9. Diskusija o načinu prikazivanja rezultata e dozama zračenja

Broj studija e dozama zračenja, zabeležanih u litoraturi je egroman i raznevrstan, medjutim, i pored brojnih medjunarodnih preporuka za načine tretiranja medicinskog ozračivanja, ipak se može reći da nepostoje ujednačenosti, radi čega je vrlo teško vršiti komparacije i interkomparacije dobivenih doza ozračivanja.

Budući da rentgen dijagnostička radiologija ima najveći deprimos ukupnej dozi zračenja za populaciju, opravdano je da postoji naročite interesovanje za načine i metode prikazivanja doze zračenja. Preučavajući veoma veliki broj studija i radova objavljenih u literaturi moguće su sledeće konstatacije:

Zajednički imenitelj za sve radove, studije i istraživanja je rentgendiagnostička radiologija, u čije okrilje se nalaze najopšti pokazatelji i prosečne vrednosti.

Prikazi rentgendiagnostičkih aparata su na nivou lekarija (klinike, instituti, bolnice, zdravstvene ustanove), broj rentgendiagnostičkih pregleda (ukupni, po rentgen aparatu, pol i usrast) područje doze zračenja i individualne i kolektivne doze zračenja sa

obavezno uvek prisutnim prosečnim vrednostima.

Pre pravilu uvek se koristi samo jedna odredjena vrsta rentgendiagnostičkih aparata specifična za odredjenu zemlju u svetu, nedostaju podatci za tehničke karakteristike ostalih rentgen aparata koji su u upotrebi.

Kalibracioni testovi su opisani veoma kratko i nedovoljno.

Korišćenje dozimetarskih uređaja, kao i upotrebljene metode merenja su nedovoljno objašnjene a ponegde sasvim izostavljene.

Koriste se samo nekoliko najopštih fizičkih faktora koji utiču na dozu zračivanja (kVp, mAs, HVL i fokus-film rastejanje).

Veoma retki su prikazi analize grešaka, ukoliko ih ima te su samo standardne greške prosečnih vrednosti navedeni kao pokazatelji.

Redukcija doze zračenja se svodi na korišćenje pojedinih fizičkih faktora kao Kilovoltaza, miliampersekundi, filtracija, pojačivački ekrani i filmovi, Buki blende, pojačivači slika, ali ne svi zajedno, nego pojedinačno u raznim studijama i istraživanjima.

Poboljšanje ovih konstatacija može da se postigne a istovremeno da se dostigne nivo ALARA principa t.j. kvalitetan rentgendiagnostički pregled sa najmanjom primljenom dozom zračenja preko sledećih preporuka:

1. Standardizacija rentgen dijagnostičkih aparata (tehničke karakteristike, namena i kakve tipove pregleda).
2. Tačna evidencija o frekvenciji rentgendiagnostičkih pregleda za svaki rentgen aparat.
3. Sistematske ispitivanje svih fizičkih faktora koji utiču na dozu zračenja
4. Kalibracija rentgendiagnostičkih aparata pre početka ispitivanja (fokus BS cevi, tačnost kV, mAs, rastejanje fokus-film, dimenzije rentgenskog snopa i t.d.)
5. Odredjivanje rentgendiagnostičkog spektra svakog rentgen aparata (rentgenspektrometrija, kvalitet zračenja ili određivanje HVL.)
6. Korišćenjem antropometrijskih karakteristika svakog pojedinca izabrati optimalne uslove dijagnostičiranja.

7. Evidencija na sadnji izvršeni rentgendiagnostički pregled i primljena doza zračenja kod svakog pojedinca.
8. Standardizacija dozimetarskog sistema koji se koristi za ispitivanje-merenje doze zračenja.
9. Standardizacija metoda koji se koriste u ispitivanjima -procenama absorbovanih doza i ekvivalenta doza za organe i tkiva koja su od interesa.
10. Tačnost uputac dijagnoze za koje se traži rentgendiagnostički pregled, kao rezultat toga tačan iskorisćenih parametara, da bi se umanjila mogućnost ponavljanja pregleda.
11. Dobre poznavanje Radijacione Fizike, Biofizike i Medicinske zdravstvene fizike od strane medicinskog osoblja koji radi sa rentgen aparatom, kao i poznavanje mogućnosti i optimalne uslove rada rentgen aparata.
12. Detaljna analiza grešaka kao rezultat uvođenja velikog broja faktora koji utiču na krajnji rezultat t.j. procena absorbovanih genetskih doza i somatskog ekvivalenta doze za organe i subregionalna tkiva.
13. Redukcija doza zračenja može se sprovesti uvek ako se redovno sprovede preporuka navedena od 1 do 12.

Navedene preporuke mogu poslužiti kao početna baza za njihovo dalje razvijanje ali rečite govore koji je put kojim treba krenuti ka smanjenju genetskog i somatskog efekta od svake doze zračenja i očuvanje ALARA principa.

10. Zaključak

Ove pregledne predavanja uradjene je sa namerom da pokaže kakvo je stanje kod nas i u svetu kod medicinskog islaganja zračenju.

Veoma je mali broj studija uradjениh u našoj zemlji o medicinskom islaganju stanovništva.

Od prve studije uradjene za čitavu SFRJ deli nas 14 godina.

Ima se utisak kao da nepostoji interesovanje za izradu ovakvih studija za medicinske islaganje stanovništva.

Danas medicinske islaganje predstavlja najmasovniji veštački izvor zračivanja čitavog stanovništva.

Cilj ovog preglednog predavanja je da pokrene inicijativu za sistematsko ispitivanje medicinskog islaganja zračenju u SFRJ.

Abstract

In this paper to seem attempt to recognize, how is situation about received equivalent dose to patients, which are exposed irradiation in Medical Radiology. Methods used to estimated equivalent dose for the patients and medical occupational staff. What are you doing to watch over the ALARA princip ? Recommendations for reduction received equivalent dose organ and tissue for population.

Bibliografija

- International Atomic Energy Agency. Register of Medical Radioisotope units. Report IAEA-187, Vienna 1974
- Jekić, J., Marjanac A., Procjena obima korištenja rentgen-dijagnostičkih postupaka u zdravstvenim ustanovama SFRJ, Zbornik radova V Jugosl. simpoz. za zašt. od zračenja, No/6/08
- Jekić, J. G. Žarkević, A. Marjanac, Procjena godišnje genetski signifikantne doze od rentgendiagnostičke primjene rentgen aparata u SFRJ, Zbornik radova VII Jug. simpoz. za zašt. od zračenja, 654 (1973)
- Kalendarski, Z., Procjena na godišnja genetski značajna doza od dijagnostička upotreba na rentgenaparati za period 1967-1977 u SR Makedonija, Neobjelovane teme specijalističkog rada, Skopje (1978).
- Mihailović, M. et al., Radiation doses to the gonads of patients from diagnostic radiology in Yugoslavia. Proc. of IX International Congress of Radiology. Excerepta Med. ICS 105:1537 (1967)
- Petrovčić, F., K. Margoitnak, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 11,34 (1980).
- Reedler, H.D. and A. Kaul, Radiation absorbed dose from medically administered radiopharmaceuticals, p.377, IAEA Publication STI/PUB/375, Vienna, (1974).
- Tomašević, M., Genetski značajna doza za stanovnike Beograda kao rezultat upotrebe zračenja u stomatološkoj praksi, Zbornik radova VII simpozijuma za zaštitu od zračenja.
- UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations New York, (1977)

XL. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 PORTOROŽ, 21. - 24.4.1981.

Mr.Sc. Tomašević Miroslav

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

IZLOŽENOST LEKARA HIRURGA X-ZRAČENJU ZA VREME
 HIRUŠKE INTERVENCIJE UGRADNJE "PACEMAKER"-a

Lekari hirurzi su pri izvesnim hiruškim intervencijama, koristeći rendgen-aparat kao pomoćno sredstvo, često izloženi visokim dozama jonizujućeg zračenja. Ovo izlaganje u nekim slučajevima, kao na primer pri ugradnji "Pacemaker"-a, zavisno od činilaca koji određuju tok i trajanje hiruške intervencije, može i premašiti dozvoljive vrednosti.

U radu su izneti podaci naših merenja na ovom planu i rasmotrena izloženost hirurga jonizujućem zračenju u dva bitno različita slučaja korišćenja rendgen-aparata. U prvom slučaju se radi o korišćenju pokretnog rendgen-aparata sa pojačavačem slike a u drugom o stacionarnom šesto pulsnom aparatu sa TV lancem.

Mnogi zdravstveni radnici za vreme obavljanja svojih radnih zadataka koriste rendgen-aparate ili druge izvore zračenja, pri čemu se u većoj ili manjoj meri izlažu jonizujućem zračenju. Nije redak slučaj da je izloženost zračenju radnika koji koriste izvore zračenja kao pomoćno dijagnostičko sredstvo i veća nego radnika koji sa ovakvim izvorima rade svakodnevno. Kada ovo iznosimo, pre svega mislimo na lekare ortopede, urologe, hirurge, kardiologe, pomoćno osoblje koje povremeno asistira prilikom hiruških intervencija i druge.

Pre izvesnog vremena na ovo smo već skrenuli pažnju, kada smo objavili podatke o izloženosti jonizujućem zračenju medicinskih sestara jednog urološkog odeljenja /1/ kao i o izloženosti lekara stomatologa koji u izvesnim slučajevima kada se ne pridržavaju datih preporuka o uslovima pod kojima treba koristiti

rendgen-aparat, mogu biti izloženi i znatnim dozama jonizujućeg zračenja. /2/

Ovom prilikom želimo da objavimo podatke o izloženosti zračenju izvesnog broja lekara hirurga koji rade na ugrađivanju "Pacemaker"-a. Izlaganje ovih lekara u nekim slučajevima, zavisno od činilaca koji određuju tok i trajanje hiruške intervencije, može i premašiti dozvoljive doze za dnevno izlaganje.

U zavisnosti od radne prostorije u kojoj se ovaj zahvat obavlja, mogu se koristiti ili pokretni rendgen-aparati sa pojačavačem slike kada se radi u operacionoj sali ili stacionarni ukoliko se radi u rendgen-odeljenjima. Izloženost lekara jonizujućem zračenju nije ista u oba slučaja, i mada bi očekivali da je znatno manja kada se koriste stacionarni aparati, rezultati naših ispitivanja ukazuju da je situacija sasvim suprotna. Iz tih razloga ispitivanje izloženosti lekara hirurga zračenju pri ugradnji "Pacemaker"-a obavili smo u dve radne organizacije. U jednoj se pri ovim intervencijama koristi monopulsni pokretni rendgen-aparat jer se operacija vrši u operacionoj sali a u drugoj se koristi šestopulsni aparat sa TV lancem. Izmerene vrednosti jačine ekspozicione doze zračenja merene u visini glave, grudi, gonada i ruku lekara hirurga iznete su u sledećoj tabeli.

	pokretni aparat 80kV - 6mA	stacionarni aparat 0,5 mA automatske biranje kV
ruke lekara	4,3 nA/kg	50 - 57 nA/kg
glava lekara	1,4 nA/kg	5 - 6 nA/kg
grudi lekara	1,9 nA/kg	-
gonade lekara	3,9 nA/kg	5 - 6 nA/kg
ukupno izlaganje ruku lekara	3 mikroC/kg	2,6 - 5 mikroC/kg
ukupno izlaganje glave lekara	3 mikroC/kg	13 - 52 mikroC/kg

Iz rezultata merenjakoja smo izneli jasno se vidi da je izloženost lekara znatno manja ukoliko se radi sa pokretnim rendgen aparatom uz korišćenje pojačavača slike nego u slučaju kada se koristi stacionarni rendgen aparat.

Pokušaćemo da ovo i objasnimo. U prvom slučaju površina ozračenog polja je znatno manja jer se na zračniku po pravilu nalazi tubus koji sigurno usmerava zračenje i ograničava korisni snop zračenja. Zračnik se nalazi ispod hiruškog stola, tako da do lekara dospeva tek manji iznos rasutog zračenja. Kada se koristi stacionarni rendgen-aparat, zračnik je postavljen iznad pacijenta u neposrednoj blizini glave lekara. Širina ozračenog polja je veća i pored toga što se blendama po potrebi može smanjiti. Pri prosvetljavanju ruke lekara se nalaze skoro u direktnom snopu X-zračenja a celo telo lekara izloženo je rasutom zračenju.

Kada iznosimo ova podatke, mi ne želimo da kažemo da ne treba koristiti stacionarne rendgen aparate pri ovakvim intervencijama, već samo da još jednom skrenemo pažnju na bitne elemente koji utiču na veličinu ozračivanja osoblja i pacijenata, na širinu ozračenog polja, na pravilno korišćenje sistema blendi, korišćenje dodatnih tubusa kad god je to moguće kao i ostalih zaštitnih sredstava. Sem toga želimo da ukažemo i na opterećenost hiruških ekipa. Prema iznetim podacima jedna hiruška ekipa u toku dana ne bi smela niukom slučaju da bude angažovana za više od jedne ovakve intervencije.

SUMMARY

EXPOSURE TO X-RAY RADIATIONS OF SURGEONS DURING SURGICAL TREATMENT FOR INSTALLATION OF "PACE-MAKER"

Mr.Sc.Tomašević Miroslav

Institute on Occupational and Radiological Health
"Dr.Dragomir Karajović" Belgrade, Deligradska 29

Surgeons are often exposed to high doses of ionizing radiations during some surgical treatments that are performed by the use of X-ray apparatus as an auxiliary device in the treatment. This exposure in some cases, for instance during installation of "Pace-maker" could exceed the permissible doses depending on the factors that determine the course and duration of surgical treatment.

The results of our surveys that are carried out, in this field, are presented in this paper. The paper considers the exposure to ionizing radiations of surgeons in two cases of the use of X-ray apparatus that have been essentially different. The movable X-ray apparatus with picture amplifier was used in the first case. In the second one the stationary X-ray apparatus in 6-impuls connection was used.

LITERATURA

1. Tomašević M. : Izloženost medicinskih sestara jednog urološkog odeljenja X-zračenju. Zbornik radova VII. Simpozijuma Ju oslovenskog društva za zaštitu od zračenja. Split, 22.-26. oktobra 1973. godine, str. 579.
2. Tomašević M. : Doze zračenja i zaštita pacijenata pri grafiji zuba. Zbornik radova IV. Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti. Baško Polje, 28.-30.maj 1969.godine. Knjiga I, str. 62.
3. Podaci laboratorije za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr.Dragomir Karajović" Beograd. /1980./

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

S. Gnjatović, S. Marković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

ISPITIVANJE ZAŠTITNE MOĆI SREDSTAVA KOJA SE KORISTE
ZA ZAŠTITU PACIJENATA PRO R \bar{O} -DIJAGNOSTICI U
STOMATOLOŠKOJ PRAKSI

Rezime

U ovom radu su prikazane zaštitne osobine sredstava koja se koriste za zaštitu pacijenata pri R \bar{O} -dijagnostici zuba. Prikazani su rezultati merenja primljenih doza na površini kože pacijenta u predelu sternuma i genitalija, sa i bez zaštitnog sredstva.

Konstatovan je stepen efikasnosti upotrebljenog sredstva.

Uvod

Prilikom rentgenskog snimanja zuba dolazi do korisnog ozračivanja vilice i zuba na mestu gde je prislonjen tubus zračnika ali i do nepoželjnog, dodatnog ozračenja, kojem su izloženi ostali delovi tela, u zavisnosti od vrste i geometrije snimanja.

U želji da procenimo opasnost od zračenja, kao i mogućnost smanjenja primljenih doza zračenja pacijenata pri R \bar{O} dijagnostici u stomatološkoj praksi, ispitivana su zaštitna sredstva: štitnik za sternum i rentgenološka kecelja, koji se, iako veoma retko, koriste u zaštiti pacijenata.

Rezultati ispitivanja

Prema podacima autora (1), od ukupnog broja obavljenih rentgenskih snimaka na području grada Beograda za 1972.god., rentgen snimanje zuba učestvuje sa oko 28%.

Prema podacima (2) broj rentgen pregleda zuba raste za 10 do 15% svake godine, u razvijenim zemljama.

Aspekt zaštite od zračenja pacijenata, pored veličine struje, napona i vremena ekspozicije (koje u poslednje vreme mora biti duže zbog slabijeg kvaliteta upotrebljivanih filmova) obuhvata i korišćenje olovno-gumenih štitnika, odnosno kecelja.

Merenja i ispitivanja su vršena na stomatološkim rentgen aparatima tipa "DENT" proizvodnje EI Niš.

Ispitivana su zaštitna sredstva koja se trenutno nalaze u upotrebi i to: štitnik za sternum proizvodnje "CAWO", zaštitne moći ekvivalenta 0,8 mm olova, kao i rentgenološka kecelja proizvodnje "MAVIG" ekvivalenta 0,5 mm olova.

Vreme ekspozicije po jednom snimku: 1 s.

Broj ekspozicija po karakterističnoj mernoj tački: 20.

Uslovi merenja

Merenje integralne apsorbovane doze zračenja vršeno je sistemom tkivnoekvivalentnih, termoluminescentnih dozimetara visoke osetljivosti, proizvodnje Instituta "Boris Kidrič"-Vinča.

Rezultati merenja svedeni su na apsorbovanu dozu po jednoj ekspoziciji i dati su u jedinicama μGy po 1 ekspoziciji.

Pri rentgenskom snimanju zuba u gornjoj vilici uzet je slučaj snimanja gornjih sekutića. Direktni snop, u tom slučaju, zahvata ceo sternum i manji deo glave. Takodje je vršeno merenje pri snimanju sekutića donje vilice, pri kojem su doze zračenja povoljnije za sternum, a nepovoljnije za glavu, odnosno oči.

Rezultati merenja prikazani su kroz tri reprezentativne vrednosti: minimalne, srednje i maksimalne, koje su zavisile od geometrijskog položaja mernih tačaka u odnosu na osu direktnog snopa.

Rezultati merenja:

1. Snimanje sekutića gornje vilice

	<u>Sternum</u>			
	Apsorbovana doza po 1 ekspoziciji (μGy)			
	Bez štitnika	Sa štitnikom	Bez kecelje	Sa keceljom
minimal. vredn.	12,5	4,5	3,5	2,5
srednja vredn.	30	5	16	4
maksimal. vredn.	50	6,5	31	4,5

Gonade

<u>Apsorbovana doza po 1 ekspoziciji (μGy)</u>	
<u>Bez kecelje</u>	<u>Sa keceljom</u>
15	2,5

2. Snimanje sekutića donje vilice

Sternum

	<u>Apsorbovana doza po 1 ekspoziciji (μGy)</u>			
	<u>Bez štitnika</u>	<u>Sa štitnikom</u>	<u>Bez kecelje</u>	<u>Sa keceljom</u>
<u>minimal. vredn.</u>	15	3	5	2,5
<u>srednja vredn.</u>	17	3,7	16	3,8
<u>maksimal. vredn.</u>	21	4,5	31	5,5

Gonade

<u>Apsorbovana doza po 1 ekspoziciji (μGy)</u>	
<u>Bez kecelje</u>	<u>Sa keceljom</u>
12,5	2,5

Zaključak

Kako se iz rezultata merenja vidi, apsorbovane doze zračenja koje bi primio pacijent pri rentgenskom snimanju zuba, smanjuju se upotrebom zaštitnih sredstava od 3 do 8 puta zavisno od vrste snimanja, vrste zaštitnog sredstva, kao i položaja merne tačke.

Zaštitna sredstva koja se koriste znatno umanjuju dozu koju primi pacijent, pa njihovo korišćenje treba biti obavezno.

Abstract

In this paper the shielded characteristics of the means we use for the patient's protection during RÖ-diagnosis of the teeth are shown. The results of the measurements of the received doses on the patient's body surface in the zone of the bust and genitals, with and without the protection means are given.

Literatura

1. Tomašević Miroslav, Izlaganje stanovnika grada Beograda ^{rendgens-}kom zračenju pri snimanju zuba, Zbornik radova VII Simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Split 22-26. oktobar 1973.
2. Public Health Responsibilities in Radiation Protection (1963), WHO, Technical Report Series, No 254, Geneva.
3. Tomašević Miroslav, Doze zračenja i zaštita pacijenata pri grafiji zuba, Zbornik radova VII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Split 22-26. oktobar 1973.

II. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 PORTOROŽ, 21.-24.4. 1981.

D. Križanović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
 "Dr Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

OZRAČENJE GONADA PRI X-DIJAGNOSTICI I RADIJACIONI RIZIK

Kratak sadržaj:

U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja genetski značajne doze (G.Z.D.) pri različitim procedurama dijagnostike sa X-zracima.

Procenjena je ekvivalentna doza, kolektivna ekvivalentna doza i radijacioni rizik za populaciju.

I UVOD

Kada govorimo o problemima zaštite čovekove okoline ne možemo a da ne pomenemo i probleme vezane za jonizujuće i nejonizujuće zračenje. Pod "jonizujućim zračenjem" u ovom prikazu obuhvaćeno je samo X-zračenje koje potiče od primene rendgen-aparata u medicinskoj dijagnostici a koje je samo jedan deo od parcijalnog ukupnog ozračenja stanovništva. Približno se zna koliko opštem ozračenju su izloženi pojedini delovi stanovništva, međutim, zadnjih 80 godina opštem ozračenju pridružuju se i veštački izvori jonizujućih zračenja. Jasno je da količina zračenja iz veštačkih izvora, kojemu je izloženo stanovništvo, zavisi od stepena civilizacije neke zemlje, razvijenosti zdravstvene službe, broju rendgen-aparata i njihovoj pristupačnosti širokim slojevima naroda. Da je rendgen-aparat kao izvor jonizujućeg zračenja u medicinskoj dijagnostici jedan od najmasovnijih veštačkih izvora jonizujućih zračenja potvrdio je i Naučni komitet Ujedinjenih nacija (1) u svom izveštaju od 1956. godine. Iz navedenih razloga i dolazi do razlike u ozračenosti jonizujućim zračenjem u različitim zemljama.

Međutim, genetičari postavljaju pitanje koliku gonadnu dozu implicira sadašnja upotreba rendgen-aparata u medicinskoj

dijagnostici i da li to ozračivanje stanovništva može imati negativnih posledica za potomstvo. Sa tog istog aspekta smo i prešli ovom redu da procenimo kolektivnu ekvivalentnu dozu, genetski značajnu dozu kao i radijacioni rizik za stanovništvo područja S.R. Srbije.

Kada se govori o veličini ozračivanja stanovništva, odnosno, pojedinih članova stanovništva znamo da je Medjunarodna komisija za zaštitu od zračenja (ICRP) (2) preporučila maksimalno dozvoljene doze (MDD) ozračivanja za lica koja profesionalno rade sa izvorima jonizujućih zračenja, za pojedince iz populacije kao i granicu doze ozračivanja celog stanovništva. Ove vrednosti doza odnose se na sve tehničke izvore zračenja. Od preporučenih vrednosti doza ozračivanja izuzimaju se doprinosi ozračivanja od prirodnog fona i medicinskog izlaganja.

II MEDICINSKO OZRAČIVANJE

U ovu grupu izvora ozračivanja spadaju svi vidovi medicinskog ozračivanja koji se javljaju u medicinskoj i stomatološkoj radiologiji, radio i radioizotopnoj dijagnostici, radio i rendgen-terapiji kao i profesionalno medicinsko ozračivanje. U medicinskom tretmanu ljudi se izlažu iz korisnih ili nužnih potreba. Kod ovog ozračivanja telo pacijenta se izlaže visokim intenzitetima doza, ali parcijalno, za razliku od opšteg ozračivanja koje nije ni prostorno ni vremenski ograničeno.

III METODA MERENJA

Za procenu ozračenosti jednog dela stanovništva od primene rendgen-aparata u medicinskoj dijagnostici držali smo se metode preporučene od Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP) (3). Ta metoda zahteva poznavanje sledećih statističkih i brojnih podataka za ispitivano područje:

1. Broj i vrsta dijagnostičkih rendgen-aparata za to područje,
2. Broj pacijenata na rendgenskim pregledima sa tog područja,
3. Struktura rendgenski pregledanih pacijenata prema starosnoj dobi i vrsti rendgenskog pregleda,
4. Ekvivalentna gonadna doza u zavisnosti od pola pacijenta.

enta i vrste rendgenskog pregleda,

5. Broj očekivane dece za sve osobe (i muške i ženske) tog područja i

5. Ukupan broj stanovnika na tom području prema polu i starosnoj dobi.

Opis tehnike merenja ekvivalenta doze zračenja u predelu gonada pacijenata, opis instrumentacije sa tehničkim podacima dati su u magistarskom radu (4).

IV REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ANALIZA

Istraživanja koja smo obavili u 1979. godini na području istočne Srbije (područje Zaječara) pokazala su sledeće:

U medicinskim radnim organizacijama koristilo se 8 dijagnostičkih rendgen-aparata i 2 zuba rendgen-aparata.

Ukupan broj pacijenata (bez stomatoloških) pregledanih u toku 1979. godini na rendgenu u Medicinskom centru Zaječara 154.175 pacijenata od čega 51,7% muških a 48,3% ženskih. Na 100 stanovnika područja Zaječara te godine bilo je njih 180 na rendgenskom pregledu. Kod 85% pregledanih pacijenata pregledi se vrše snimanjem a 15% prosvetljavanjem. Za svaki pregled snimanjem utrošena su 1,65 rendgenskih filmova ili izvršene 3 ekspozicije po pacijentu.

Tab. br. I

Ekvivalent doze (μSv) gonada (Di) i standardna devijacija (σ) prema vrsti rendgenskog pregleda i polu pacijenta

VRSTA RENDGENSKOG PREGLEDA	Ekvivalent doze (μSv) σ	
	muški	ženski
Snimanje glave, mastoida i cervikalnog dela kičme	5,5 ± 2,7	6,9 ± 2,2
Standardno snimanje pluća	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Tomografsko snimanje pluća	15,2 ± 0,5	21,6 ± 1,2
Fluorografsko snimanje pluća	2,7 ± 1,5	3,6 ± 2,0
Prosvetljavanje pluća, srca	9,2 ± 3,1	17,0 ± 4,8
Snimanje L, LS i Th dela kičme	1520 ± 430	3800 ± 900
Snimanje želuca, duodenuma	1650 ± 250	1900 ± 380
Prosvetlj. želuca, duodenuma	170 ± 55	380 ± 240
Snimanje, kuka, karl., femura	765 ± 115	1040 ± 310
Holecisto. i holangiografija	55 ± 15	1140 ± 520
Urografija i I.V.F.	11500 ± 2300	6000 ± 1300
Snimanje gornjih ekstremiteta	2,3 ± 1,0	5,5 ± 1,5
Snimanje donjih ekstremiteta	3,6 ± 1,5	6,3 ± 2,0

Međutim, dosta godina posle ovih pionirskih radova, svoj puni razvoj nuklearna medicina će dostići tek nakon puštanja u rad većeg broja nuklearnih reaktora širom sveta, a posebno nakon otkrića ^{99m}Tc .

Tehnecijum ^{99m}Tc pri put je bio proizveden 1939. godine /Seaborg i Serge/ /5/, a 1957. godine u Nacionalnoj laboratoriji u Brookhavenu razvijen je prvi generator za njegovo dobijanje /7/.

Radovi Harpera iz 1962. godine ukazali su na mogućnost korišćenja ovoga izotopa za snimanje bubrega, a nešto kasnije isti autor i njegovi saradnici proučavaju metabolizam i fizičke osobine u odnosu na njegovu primenu u biologiji i medicini i preporučuju ^{99m}Tc za upotrebu u kliničkom ispitivanju /8/. Zbog svojih povoljnih nuklearnih karakteristika, kao što su kratko vreme poluraspada od šest časova, koje uslovljava manje ozračivanje organa nego pri radu sa drugim radionuklidima, energija od 140 keV, dovoljna prodornost kroz tkivo, tako da se i manje aktivnosti mogu koristiti za snimanja, te odsustvo beta zračenja, bio je ovaj radioizotop prihvaćen za dijagnostička ispitivanja u medicini. Ubrzo je potisnuo iz upotrebe mnoge radionuklide, koji su se do tada godinama uspešno koristili.

Od 1966. godine koloidno zlato / ^{198}Au / zamenjeno je sa ^{99m}Tc -HSA za snimanje pluća, a u cilju smanjenja izloženosti organa zračenju /9/. Posle dugih ispitivanja 1972. godine predloženo je da se ^{99m}Tc obeležen polyphosphat i diphosphonat koriste za snimanje kostiju /10,11/. U literaturi tih godina svakodnevno se nailazi na radove, koji ukazuju na sve nove i nove mogućnosti primene tehnecijuma ^{99m}Tc , tako da se danas različiti spojevi obeleženi tehnecijumom koriste za snimanje skoro svih vitalnih organa i sistema čovekovog tela.

Primeru radi, ako posmatramo primenu radiofarmaceutika jedne određene firme, vidimo da se sa ^{99m}Tc , dobijenim iz generatora Tecegen, mogu snimati:

O F F a g

mozak
 štitasta žlezda
 pljuvačne žlezde
 pluća
 skelet
 srce
 jetra, slezina, koštana srž
 funkcionalno ispitivanje jetre
 bubrezi
 funkcionalno ispitivaje bubrega
 cirkulacija krvi

komercijalni naziv

- Teceren TcO₄ /Tecegen/
- TcO₄ /Tecegen/
- TcO₄ /Tecegen/
- Tecepart
- Tecebon - Tecephos
- Tecephos - Teceneph
- Tecehep - Tececol
- Tecebil
- Teceneph
- Teceren
- Tecemin

Is navedenih podataka se jasno vidi u kojoj meri je zastupljen tehnecijum u savremenoj radioizotopnoj laboratoriji. Samim tim, ukoliko želimo da procenimo izloženost zračenju radnika radioizotopne laboratorije neophodno je da se prati njihov rad sa tehnecijumom od momenta preuzimanjageneratora 99m-Tc, za vreme pripreme radnog rastvora i pojedinačnih doza do konačne aplikacije ovih doza pacijentima. Mi smo pokušali da pratimo ovaj rad u tri ustanove i na osnovu toga procenimo izloženost radnika jonizujućem zračenju. Dobijeni rezultati izneti su u sledećij tabeli:

radna operacija	aktivnosti korišćenih generatora		
	11,1 GBq	7,5 GBq	3,7 GBq
na površini generatora	2864-3222	3000	-
za vreme muže u visini glave radnika	358	243	229
za vreme muže u visini grudi radnika	250	429	-
ruke radnika pri prenosu izmužene količine	7160	14320	3222
za vreme merenja izmužene količine u visini grudi radnika	3222	4296	-

za vreme markiranja ruke radnika	42960	28640	-
za vreme markiranja telo radnika	1432	2149	1074
pri prenosu na ponovno merenje ruke radnika	46540	10740	2148
za vreme merenja telo radnika	2864	3580	-
aplikacija bez zaštite na špricu ruke radnika	7160	10740	3222
aplikacija sa zaštitom na špricu ruke radnika	716	-	93

- Izmerene vrednosti izražene su u pA/kg.

Razlike između izmerenih vrednosti su vrlo velike, što potiče otuda da se u laboratorijama poslovi oko pripreme doza ne obavljaju pod istim uslovima. Primera radi, u nekima se koriste zaštitni kontejneri za vreme muže, a u drugima se radi bez njih. Neki radnici koriste zaštitu na špricu za vreme aplikacije, a drugi je ne koriste. U nekim se laboratorijama izmužene količine mere pre markiranja kao i izdvojene doze, a u drugima se ovo ne čini itd. Iz tih razloga dobijene vrednosti ne možemo međusobno porediti, već za svaku laboratoriju moramo sačiniti posebna merenja i posebne procene. Ovo pre svega i zato što se u zavisnosti od obima i vrste analiza u laboratorijama koriste generatori kalibrisani od 3,7 GBq do 11,1 GBq pa čak i više.

Na osnovu iznetih vrednosti jasno se vidi da su ruke radnika najviše izložene zračenju, ali je izloženo zračenju i telo i pored toga što se za vreme rada koriste zaštitni paravani od olovnih cigala i olovnog stakla. Takođe se zapaža da su radnici izloženi zračenju i za vreme prenošenja pripremljenih doza /špricavi sa aktivnošću/ od mesta pripreme do mesta aplikacije. Smatramo da se ovo mora izbeći, bilo da se priprema i aplikacija vrše

u istoj prostoriji ili da se špricevi do mesta aplikacije prenose u zaštitnim kontejnerima.

Na osnovu izvršenih ispitivanja može se zaključiti da su ruke radnika, koji priprema doze 99m-Tc za aplikaciju u proseku izložene dozi zračenja od $6,48 \mu\text{C/kg}$ dnevno ukoliko je obavio samo jednu aplikaciju, a dozi od $7,3 \mu\text{C/kg}$ dnevno ukoliko uradi pet aplikacija, a da pri tome ne koristi zaštitu na špricu. Ako se pri aplikaciji koristi zaštita na špricu dnevna izloženost zračenju se smanjuje, tako da su ruke radnika pri jednoj aplikaciji dnevno izložene dozi od $6,3 \mu\text{C/kg}$ te dozi od $6,37 \mu\text{C/kg}$ dnevno za obavljenih pet aplikacija.

Telo radnika je znatno manje izloženo zračenju, ali su te vrednosti ipak tolike da se zaštitna sredstva moraju koristiti za vreme "muže", markiranja i merenja.

SUMMARY

EXPOSURE OF WORKERS TO RADIATION IN RADIOISOTOPE LABORATORIES AT USE OF RADIOISOTOPE 99m-Tc FOR RADIODIAGNOSTIC EXAMINATIONS OF THE LIVER AND KIDNEYS

Mr.Sc.Tomašević Miroslav

Institute on Occupational and Radiological Health
"Dr.Dragomir Karažović" Belgrade, Deligradska 29

In majority of radioisotope laboratories, radioisotope 99m-Tc is more and more applied, in diagnostic purposes.

Application of this isotope, transportation and preparation are, nearly as a rule, associated with exposure of personnel to high radiation doses.

Besides, due to the specificity of the job protective means are very frequently not used during working operations. So it comes to a considerable exposure to radiation of personnel.

Therefore, we think it should be particularly pointed to working conditions under which this radioisotope is used as well as to exposure dose rates to which the workers are exposed.

LITERATURA

1. C.L. Edwards: Tumor-Localizing Radionuclides in Retrospect and Prospect. Seminars in Nuclear Medicine Vol.IX, No.3 pp. 186-189 /July 1979/
2. Hevesy G. : The Absorption and Translocation of Lead by Plants. Biochem.J. 17. p.439. 1923.
3. Blum T. : Osteomyelitis of Mandible and Maxilla. J.Amer. Dent.Assoc. 11. p. 805. 1925
4. Fermi E. : Radioactivity induced by Neutron Bombardment. Nature 133, 757, 1934.
5. Panol C.Ram, Ernest W.Fordham: An Historical Survey of Bone Scanning. Seminars in Nuclear Medicine Vol. IX, No.3 pp. 190-194 /July 1979/.
6. Lawrence: Studies on Neoplasma with the Aid of Radioactive Phosphorus. I the total Phosphorus metabolism of Normal and Leukemic Mice. J. Clin.Invest. 19, pp.267-271, 1940.
7. Henry N.Wagner: Principles of Nuclear Medicine, Chapter VI. W.B.Saunders Company, London, 1969.
8. Harper P.V. et al: Radioactive Pharmaceuticals U.S.Atomic Energy Commission 1966.
9. George V. Taplin : The History of Lung Imaging with Radionuclides. Seminars in Nuclear Medicine Vol.IX.No.3. pp. 178-185/July 1979/.
10. Subramanian G., Mc Afee J.G. : A new Complex of ^{99m}Tc for Skeletal Imaging Radiol. 98. 192. 1971.
11. Subramanian G., Mc Afee J.G. : ^{99m}Tc Labeled polyphosphate as a Skeletal Imaging Agent Radiol. 102. 701-704. 1972.

XI. Jugoslavenski simpozijum o zaštiti od zračenja

Portorož, 21. - 24.4.1981.

Neda Stipčić-Šolić

Zavod za radioterapiju i onkologiju

Klinička bolnica "Braća dr Sobol", Rijeka

MOGUĆNOST ZAŠTITE POJEDINIH ORGANA PRI TELEKOBALTNJOJ TERAPIJI MALIGNOMA U ZDJELICI

U planiranju radioterapije jedan od važnih problema je zaštita određjenih struktura i organa unutar ozračenog volumena ili u njegovoj neposrednoj blizini. Ta se zaštita sprovodi primjenom olovnih blokova. Veličina raspršenog zračenja unutar geometrijske sjene zaštite ovisi o karakteristikama izvora zračenja i svojstvima same zaštite.

Veličina apsorbirane doze u nekom području izvan ozračenog volumena ovisi o količini raspršenog zračenja u tom volumenu, odnosno o veličini snopa zračenja, kolimatorskom sistemu i načinu zračenja.

Ispitana je efikasnost olovnih blokova za zaštitu određenih organa koji se nalaze unutar primarnog snopa zračenja. Prikazani su rezultati mjerenja apsorbirane doze zračenja izvan primarnog snopa.

U planiranju radioterapije osnovni je problem postizavanje optimalne raspodjele apsorbirane doze u određenom volumenu. Pri tome se vrlo često zahtjeva zaštita nekih struktura unutar ozračenog volumena ili u njegovoj neposrednoj blizini. Ta se zaštita ostvaruje primjenom zaštitnih blokova, kompenzatorskih filtera i sl. Veličina raspršenog zračenja unutar sjene geometrijske zaštitnih sredstava ovisi o karakteristikama izvora zračenja i svojstvima same zaštite.

Kolimirani snop gama zraka uređaja za telekobaltnu terapiju sadrži raspršeno zračenje generirano u kolimatorskom sistemu. U nekim slučajevima doprinos sekundarnog zračenja može iznositi i do 12% (1). Sekundarni elektroni stvoreni Comptonovim raspršenjem mogu imati energiju do 1 MeV i maksimalni domet do 5 kg m^{-2} . Ti su elektroni apsorbirani u prvih par milimetara tkiva i zbog toga oni mogu reducirati "skin sparing" efekt (2). Količina sekundarnih elektrona ovisi o kolimatorskom sistemu i o udaljenosti kolimatorskog sistema od ozračene površine kože. Kontaminacija elektrona može se smanjiti postavljanjem elektronskog filtra te povećavanjem udaljenosti kolimatorskog sistema od površine tkiva (3).

Zaštita u primarnom snopu

Pri zračenju malignoma u maloj zdjelici često je potrebno zaštititi organe koji se nalaze unutar ozračenog područja (npr. mokraćni mjehur, genitalni organi, bubreg, i sl.). U tu svrhu potrebno je izraditi zaštitni blok prema veličini i obliku područja koje se želi zaštititi. U većini slučajeva blok se izrađuje iz olova, a njegova debljina iznosi od 5 - 7 cm.

Međutim postavljanjem zaštitnog bloka u primarni snop zračenja

povećava se doprinos sekundarnog zračenja. Što je udaljenost bloka od površine kože veća to je nehomogenost u distribuciji doze veća, a kontaminacija snopa elektronima manja. Količina sekundarnih elektrona koji izlaze iz zaštitnog bloka može se smanjiti primjenom pogodnog elektronskog filtra, kao što je kositar.

Izvršili smo mjerenje efikasnosti olovnog bloka pomoću ionizacijske komore volumena $0,6 \text{ cm}^3$. Mjerenje je izvršeno u vodenom fantomu. Za dani oblik olovne zaštite izmjerena je doza zračenja unutar zaštićene zone. Najbolja zaštita u primarnom snopu postignuta je kada se blok nalazio na površini fantoma. Polje zračenja bilo je površine 256 cm^2 a površina zaštite bila je 25 cm^2 . Zaštitni blok bio je postavljen u sredini polja zračenja. Uz te uvjete izmjerena doza zračenja u dubini od 5 cm u vodenom fantomu iznosila je 25% doze u ozračenom volumenu.

Zaštita izvan primarnog snopa zračenja

Veličina apsorbirane doze u nekom području izvan ozračenog volumena ovisi uglavnom o količini raspršenog zračenja generiranog u tom volumenu, to znači o veličini i obliku polja zračenja i karakteristikama izvora zračenja (4),(5). Osim toga, za strukture koje se nalaze na ili blizu zračene površine doza ovisi i o "čistoći" primarnog snopa.

Određivanje doze raspršenog zračenja što ju primi zdravo tkivo izvan polja zračenja u poslijednje vrijeme postalo je značajno. Naime, zahvaljujući primjeni savremenih metoda radioterapije u liječenju nekih malignih oboljenja, poslijednjih desetak godina znatno se povećao broj izliječenih osoba u fertilnoj dobi. Zbog toga je procjenjivanje neželjenih posljedica koje se javljaju kao rezultat zračenja gonada u takvih osoba, kao što su reducirana

fertilnost i moguća genetska oštećenja, postala predmetom širih istraživanja (6), (7).

Pomoću ionizacione komore volumena $0,6 \text{ cm}^3$ izmjerili smo veličinu doze raspršenog zračenja na površini i na dubini od 5 cm u vodenom fantomu. Udaljenost izvor - površina fantoma uzeta je standardna za naš uređaj : 75 cm. Veličina snopa zračenja iznosila je $14 \times 10 \text{ cm}^2$ (polje takve veličine primjenjuje se u zračenju ingvinalnih i retroperitonealnih limfnih čvorova). Mjerenja smo vršili na različitim udaljenostima od ruba zračene površine.

Rezultati mjerenja pokazali su :

1. Kod polja zračenja površine 140 cm^2 točka na površini fantoma, koja se nalazi na udaljenosti od 3 cm od ruba polja zračenja dobiva 6% doze zračenja. Točka koja se nalazi na 6 cm od ruba zračene površine dobiva 3% doze zračenja primarnog snopa. Na udaljenosti od 11 cm doza pada na 1% vrijednosti primarnog snopa.

2. Veličina raspršenog zračenja na površini može se smanjiti primjenom olovne zaštite. Ako se postavi olovni zaslon debljine 16 mm iznad točke udaljene 3 cm od ruba zračene površine doza će pasti na 3% vrijednosti doze primarnog snopa. Povećanjem debljine olova na 24 mm doza se smanji na 2% vrijednosti doze primarnog snopa.

3. Uz iste uvjete zračenja, točka koja se nalazi na dubini od 5 cm u vodenom fantomu i koja je udaljena od ruba polja zračenja za 3 cm ozračena je dozom 7,5% vrijednosti doze na istoj dubini ali u sredini polja zračenja. Doza na udaljenosti 6 cm od ruba polja zračenja ozračena je dozom od 4,5%.

Na temelju dobivenih rezultata zaključili smo :

Pri zračenju nekih područja u zdjelici (kao što su ingvinalni i retroperitonealni limfni čvorovi) genitalni organi, koji se nalaze na udaljenosti od 3 - 6 cm od ruba zračenog područja, mogu

biti ozračeni dozom od 2 - 4 Gy. Zbog toga je potrebno pri planiranju radioterapije odrediti takvu zaštitu tih organa koja omogućuje što veće smanjenje doze od raspršenog zračenja.

THE POSSIBILITIES OF SHIELDING CERTAIN ORGANS DURING TELECOBALT THERAPY OF ABDOMINAL MALIGNOMA

An important problem in radiotherapy planning is shielding of certain structures and organs within the irradiation volume or in its immediate vicinity. The shielding is accomplished by the use of lead blocks. The quantity of scattered irradiation within the geometrical shade of shielding depends on the source of irradiation and shielding characteristics.

The quantity of the absorbed dose in some areas outside the irradiated volume depends on the irradiated volume itself and the quantity of scattered irradiation, i e. on the magnitude of beam, colimator system and irradiation procedure used.

In the work described here the efficiency of lead blocks in shielding certain organs localised within the primary radiation beam has been investigated. Presented are the results obtained by measurements of absorbed dose outside the primary beam.

LITERATURA

- 1.) D.V.Cormack, H.E.Johns, Spectral distribution of scattered radiation from a kilocurie cobalt 60 unit, Brit.J.Radiol., 31, 1958,497
- 2.) C.W.Smith, W.H.Sutherland, Electron contamination of telecobalt beams, Brit.J.Radiol., 49,1976,563
- 3.) J.M.Mc Govern, W.I,Keyes, L.D.Brown, Reducing electron contamination of cobalt - 60 teletherapy beams, Brit.J.Radiol., 52, 1979,748
- 4.) B.Keller, C.Mathewson, P.Rubin, Scattered radiation dosage as a function of X-ray energy, Radiology, 111,1974,447
- 5.) J.P.Bhatnagar, Secondary radiation from supervoltage accelerators, its implications in patients protection, Brit.J.Radiol., 50,1977,449
- 6.) C.C.Lushbaugh, G.W.Casarett, The effects of gonadal irradiation in clinical radiation therapy;A review, Cancer, 37,1976,1111
- 7.) T.Hashizume, Y.Kato, Y.Kumamoto, H.Yamaguchi, K.Nishizawa, Genetically significant dose from beam therapy in Japan 1971, Health Phys., 26,1974,449

XI. Jugoslavenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21-24. 4. 1981.

Ivica Ružička

Rendgen-Kabinet Doma zdravlja "Trešnjevka", Zagreb

KOJU OPRAVDANOSTI UPUĆIVANJA NA RENDGENDIJAGNOSTIČKE PRETRAGE U
IZLOŽENOSTI STANOVNIŠTVA IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU

Analizirajući rendgenske pretrage učinjene u DZ "Trešnjevka" 1978. naišlo se, da je 34,5% pretraga bilo neophodno, 48% koje izravale su genetski signifikantnu dozu od oko 500 mikroGy po stanovniku Trešnjevke. Ta se doza kreće u granicama prosjeka u drugim zemljama, a ispod maksimalno tolerantne doze. Ona je iznad prosječne u pretraga lumbosakralne kralješnice i zdjelice i susjednih zglobova, pri snimkama abdomena s i.v. urografijom i u pretraga crijeva. Broj tih pretraga može se smanjiti korištenjem moderne dobro zaštićene rendgenske aparature, poštivanjem mjera zaštite tokom pretrage, edukacijom liječnika o optimalnom indiciranju rendgenskih pretraga. Ciljanim sistematskim istraživanjima treba razriješiti dilemu jesu li racionalno indicirane rendgenske pretrage štetne za pacijenta ili to nisu.

Cilj istraživanja. Kako je u preko 90% slučajeva rendgenska dijagnostika izvor umjetnog ionizirajućeg zračenja^{1,2}, to je zaštita stanovništva od suvišnog ionizirajućeg zračenja u stvari istovjetna sa prevencijom i sa zaštitom od nepotrebnog izlaganja rendgenskim zrakama u rendgendijagnostici. Suvremene zaštitne mjere su zadovoljavajuće, ako se savjesno provode. Prevencija se provodi poštivanjem optimuma racionalnosti pri upućivanju na rendgenske pretrage. Želeći dobiti objektivnu sliku o tome koliki je stepen realnosti u indiciranju rendgenskih pretraga, analizirao sam rendgendijagnostičke pretrage izvršene 1978. u Rendgen-Kabinetu "Trešnjevka" u Zagrebu. Ako pretrage nisu racionalno indicirane, kako to postići? I, kao pitanje koje se sve više nameće, je li suzdržana ili nije štetnost za pacijenta od rendgendijagnostičkih pretraga?

Metoda rada. Kao izvore podataka što su bili potrebni za analizu koristio sam rendgenske uputnice, s podacima što ih je

upisao ordinirajućí liječnik, i rendgenske nalaze. Da li je rendgenska pretraga bila opravdana ili nije, ocijenio sam na temelju usporedbe kliničkih podataka i rendgenskih nalaza. Klonio sam se greške pri sličnim nalazima tj. analizama, da "b.o." nalaz poistovjetim s nepotrebnom pretragom. Podatke o vrijednostima gonadnih doza i doza koštane srži crpio sam iz odgovarajuće literature^{3/}, a vjerodostojnost tih podataka za najznačajnije pretrage na vlastitom rendgenskom aparatu provjerena je mjerenjima gamamonitorom. Za pojedine pretrage raspolagao sam komparativnim grupama iz drugim ustanova^{4/}.

Rezultati rada. Općina Trešnjevka ima oko 120.000 stanovnika. U Rendgen-Kabinetu izvršeno je 16.354 snimanja u 13.521 pacijenta, tj. 1,21 pretraga po pacijentu. S pretragama izvršenim van Rendgen-Kabineta svega je učinjeno oko 37.000 snimanja u oko 30.500 pacijenata, te još oko 10.000 snimanja zubiju. Zbirna je analiza pokazala, da je za 34,5% pacijenata pretraga bila neophodna, za 48% u biti korisna, za 17,5% nepotrebna. Pretrage u Rendgen-Kabinetu izazvale su gonadnu dozu od 2.265 mikroGy po pregledanom, odnosno - uzimajući u obzir sve pretrage - genetski signifikantnu dozu od oko 500 mikroGy po stanovniku Trešnjevke. Najviše je učinjeno snimaka s područja osteoartikularnog sustava /42,6%/, slijede pretrage probavnog trakta /35,1%/, kontrastne pretrage /11,4% i pretrage pluća i srca /10,9%/. Najveći udjel u gonadno signifikantnoj dozi imaju snimke lumbalne kralješnice i zdjelice sa susjednim zglobovima /49,7% i i.v. urografije sa snimkama abdomena /26,5% te razne vrste pretraga crijeva /10,4%/, što sve čini 86,6%; od preostalih na jednjak i želudac otpada 7,5%. Najveći udjel u opterećenju koštane srži imaju pretrage prsnog koša /oko 35%/, želuca /oko 15% i i.v. urografije s abdomenom /oko 13%.

Analizirajući odvojeno te skupine, prvo se vidi da su snimanja lumbalne kralješnice bila optimalno indicirana, osim kad su

te snimke vršene u sklopu snimanja cijele kralješnice; pri tome je u 54% bilo moguće klinički ocijeniti da bi bila dovoljna snimanja samo ograničenog dijela kralješnice. Snimke kukova nisu bile neopodno čak u 36%, jer se snimalo iako je nalaz mogao biti jasan i klinički. Gonadna doza u ovoj skupini iznosila je preko 5.000 mikroGy. U kraniograma našlo se samo 7,9% patoloških nalaza; u velikoj komparativnoj grupi u Puli bilo ih je samo 1,4%.

Nativne snimke abdomena tražene su maksimalno opravdano, ali je čak 38% pacijenata bilo nedovoljno pripremljeno, pa su se snimke morale ponavljati. I.v. urografije bile su odlično indicirane u 66% slučajeva, no u preostalim slučajeva priprema je bila nedovoljna, što je otežavalo analizu ili zahtijevalo da se pretraga ponovi.

Pasaže crijeva pokazale su se nekorisnima čak u 90%, i to nasadve stoga što se nije tražila jedino optimalna pretraga, frakcionirana pasaža crijeva. U irigografija nalaz je bio normalan u 37%, u komparativnoj grupi u Sisku čak u 69% pregledanih. Pacijenti su bili nedovoljno pripremljeni za pretragu u 27%, u Sisku u 9,5%.

Prve pretrage želuca bile su indicirane veoma optimalno, ali se na kontrolne pretrage kroničnih ulkusa slalo u odveć kratkim razmacima i vrlo rijetko s dovoljnom dokumentacijom.

Snimke srca i pluća bile su prilično realno indicirane. Možda se rjedje moglo upućivati starije ljude, u kojima je nalaz bio jasniji i klinički i uz pomoć EKG.

Podaci na uputnicama za rendgenske pretrage općenito su izvanredno oskudni. To onemogućava kratke ciljane pretrage, čime se ova produžava i izaziva veće ionizirajuće zračenje.

Diskusija. U općini Trešnjevka gonadno signifikantna doza iznosi oko 500 mikroGy. Po navodima iz literature ona u raznim zemljama iznosi od 52 do 1.360 mikroGy, u prosjeku oko 500 mikroGy ^{2,5-11/2}. Komparativne grupe pokazuju u nas znatne razlike te doze u raznim ustanovama. Prema preporuci međunarodne komisije za zaštitu od

zračenja maksimalno dopuštena doza za stanovništvo iznosi 5.000 mikroGy na godinu^{6/}, prema našim propisima iz 1977. u prvih 30 godina života 0,05 Gy^{12/}. Veoma su različita mišljenja koja gonadna doza doводи do genetskih promjena, pretpostavke o toj dozi kreću se između 0,03 i 1,5 Gy tokom 30 godina^{13/}. Prema novijim podacima iz literature pri uobičajenim rendgenskim pretragama valja očekivati genetska oštećenja tek poslije vrlo velikih gonadnih doza, dok se sve više sumnja da uobičajene gonadne doze dovođe do genetskih oštećenja, a malo vjerojatno i do somatskih^{14-19/}.

Zaključak. U Rendgen-Kabinet DZ Trešnjevka upućeno je na pretrage nepotrebno 17,5% pacijenata. Da su svi racionalno upućeni, genetski signifikantna doza od oko 500 mikroGy bila bi za toliko manja. Ta je doza u visini prosjeka u drugim zemljama, a ispod je maksimalno tolerantne genetske doze. Gonadno opterećenje je iznadprosječno pri snimanjima lumbalne kralješnice i zdjelice sa susjednim zglobovima, pri i.v. urografijama sa snimkama abdomena i pri raznim pretragama crijeva, dok je koštana srž najviše opterećena pri pretragama organa prsnog koša. Ta iznadprosječna opterećenja mogla bi biti manja, kad bi se u pojedinim pretraga više uzdalo samo u klinički nalaz, kad bi se ozbiljno i savjesno prišlo pripremi pacijenata za pretrage, kad bi se dobro poznavalo koje su rendgenske pretrage u pojedinom slučaju indicirane, te kad bi dokumentacija za rendgensku pretragu bila dovoljna. Hipotetska je pretpostavka da su uobičajene rendgendiagnostičke pretrage za pregledavanu osobu štetne.

Da pacijent pri rendgenskoj pretrazi bude izvrgnut što manjem zračenju treba a/ koristiti modernu rendgensku aparaturu, b/ dobro poznavati i provoditi sve mjere zaštite pri pretrazi, c/ optimalno indicirati rendgenske pretrage, za što je preduvjet da ordinarius bude dobro educiran o tome i da autoritativno djeluje na pacijenta. Treba vršiti ciljana istraživanja na čovjeku o posljedicama oštećenja od rendgenskih zračenja, ispitujući moguća i somatska i genetska oštećenja, i

to na statistički dovoljnom i dobro izabranom i dovoljno dugo promatranom uzorku.

S u m m a r y

THE RATE OF JUSTIFICATION OF INSTRUCTING ON DIAGNOSTIC ROENTGEN EXAMINATIONS IN EXPOSURE OF INHABITANS TO IONISING RADIATION

After the analysing of X-rays examinations at DZ Trešnjevka in Zagreb 1978, we found that 34,5% of examinations were necessary, 48% useful and justified and 17,5% unnecessary. X-rays examinations that we made, caused genetic significant dose per inhabitant of Trešnjevka of about 500 microGy. This dose is within limits of the average in other countries, and below the maximal tolerant genetic dose. It is over the average when lumbar spine and pelvis and adjacent joints were examined, and at X-rays examinations of abdomen with urography and in examinations of bowels. The number of these examinations can be reduced by using of modern well protected X-ray instruments, by respecting protective rules during the examination, by education of doctors about the optimum indication of X-ray examinations. By systematic research the problem, whether rational indicatory of X-ray examinations are injurious for patients or not, must be resolved.

L i t e r a t u r a

1. Petrović F.: Zaštita od radijacije. Med.enc.10:364-368, 1965.
2. Schinz H.K., Wideröe R.: Der Strahlenschutz in der medizinischen Radiologie. Radiol.clin.biol., 34:32-60, 1965.
3. Thurn F., Bücheler E.: Einführung in die Röntgendiagnostik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1977.
4. Matagić Ž., Ružička I., Šipuš I., Kolar D.: Rendgenske pretrage debelog crijeva u Medicinskom centru Sisak. Med.vjesn.Sisak, 3:183-188, 1977.
5. Šaler V.: Izvori medicinske rendgen-dijagnostike i ozračenost stanovništva SR Hrvatske. Doktorska dizertacija, medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1979.
6. Habazin-Novak V.: Izloženost čovjeka ionizirajućem zračenju. Arh. hig.rada, 29:31-42, 1978.
7. Norwood W.D. and all.: The gonadal radiation dose received by the people of a small American city due to the diagnostic use of Roentgen rays. Radiology, 82:1081-1097, 1959.
8. Richard L. and all.: Genetically significant dose to the United States population from diagnostic medical Roentgenology, 1964. Radiology, 90:209-215, 1968.

9. Bernard S. and all.: Genetically significant dose to the population of New York City from diagnostic medical radiology. *Radiology*, 90:217-228, 1968.
10. Izenstark J.L. and all.: Medical radiological practice in New Orleans. *Radiology*, 90:229-242, 1968.
11. Križanević D., Tomašević M., Panov D.: Genetski značajna doza pri primeni X-zračenja. XI. Kongres radiologa Jugoslavije, Rezime radova, Novi Sad, 1980.
12. Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja ne smiju biti izloženi zračenju. Službeni list SFRJ, br.27, 27.V.1977, str. 1238-1239.
13. Fuchs G.: Strahlenschäden und Vererbung. *Das deutsche Gesundheitswesen*, 20:2037-2042, 1965.
14. Oppenheim B.E. and all.: An investigation of effects of prenatal exposure to diagnostic X-rays. *Biological and Environmental Effects of Low-Level Radiation*, 11:249-260, 1975.
15. Neumeister K.: Problems arising from effects of low radiation doses in early pregnancy. *Idem as 14*, 11:261-271, 1975.
16. Mole R.H.: Radiation effects on pre-natal development and their radiological significance. *British Journal of Radiology*, 52:89-101, 1979.
17. Polednak A.P.: Fertility of women after exposure to internal and external radiation. *J. of Environm. Path. and Toxic.*, 4:457-470, 1980.
18. Gregg E.C.: Radiation risks with diagnostic X-Rays. *Radiology*, 123:447-453, 1977.
19. Macht S.H. and all.: National Survey of Congenital Malformations resulting from Exposure to Roentgen Radiation. *Am. J. of Roentg.*, 73:442-466, 1955.

5. s e k c i j a

DEKONTAMINACIJA IN OBDELAVA

RADIOAKTIVNIH ODPADKOV

9. Bernard S. and all.: Genetically significant dose to the population of New York City from diagnostic medical radiology. *Radiology*, 90:217-228, 1968.
10. Izenstark J.L. and all.: Medical radiological practice in New Orleans. *Radiology*, 90:229-242, 1968.
11. Križanević D., Tomašević M., Panov D.: Genetski značajna doza pri primeni X-zračenja. XI. Kongres radiologa Jugoslavije, Rezime radova, Novi Sad, 1980.
12. Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja ne smiju biti izloženi zračenju. Službeni list SFRJ, br.27, 27.V.1977, str. 1238-1239.
13. Fuchs G.: Strahlenschäden und Vererbung. *Das deutsche Gesundheitswesen*, 20:2037-2042, 1965.
14. Oppenheim B.E. and all.: An investigation of effects of prenatal exposure to diagnostic X-rays. *Biological and Environmental Effects of Low-Level Radiation*, 11:249-260, 1975.
15. Neumeister K.: Problems arising from effects of low radiation doses in early pregnancy. *Idem as 14*, 11:261-271, 1975.
16. Mole R.H.: Radiation effects on pre-natal development and their radiological significance. *British Journal of Radiology*, 52:89-101, 1979.
17. Polednak A.P.: Fertility of women after exposure to internal and external radiation. *J. of Environm. Path. and Toxic.*, 4:457-470, 1980.
18. Gregg E.C.: Radiation risks with diagnostic X-Rays. *Radiology*, 123:447-453, 1977.
19. Macht S.H. and all.: National Survey of Congenital Malformations resulting from Exposure to Roentgen Radiation. *Am. J. of Roentg.*, 73:442-466, 1955.

5. s e k c i j a

DEKONTAMINACIJA IN OBDELAVA

RADIOAKTIVNIH ODPADKOV

XI. Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja

Portorož, 21.-24.4.1981.

H. Despotović, M. Pirš i B. Subotić

Institut "Ruder Bošković", Zagreb i Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

STRATEGIJA OBRADE, SAKUPLJANJA TE PRIVREMENOG I TRAJNOG
ODLAGANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA IZ NUKLEARNIH POSTROJENJA

Program uvođenja nuklearnih postrojenja, posebno nuklearnih elektrana u energetske sustav Jugoslavije postavlja kao *conditio sine qua non* rješavanje problema obrade, prikupljanja te privremenog i trajnog odlaganja radioaktivnog otpada RAO. Polazeći od iskustava tehnološki razvijenih sredina, INFCE preporuka a u okvirima naših mogućnosti razmatra se shema jedinstvenog jugoslavenskog sustava za obradu i pohranjivanje RAO koji nastaje radom nuklearnih postrojenja.

Proizvodnja energije kao gospodarska kategorija zauzima u suvremenom svijetu tako bitnu ulogu, da se nivo razvijenosti i društvenog te tehnološkog stanja određuje postojećom i planiranom proizvodnjom i potrošnjom energije u promatranoj sredini. Nizak nivo proizvodnje i potrošnje različitih oblika energije u SFRJ doživljava bitnu prekretnicu u poslijeratnim općejugoslavenskim naporima kroz elektrifikaciju, a sasvim novu tehnološku i perspektivnu kvalitetu dobiva uvođenjem nuklearnih elektrana u naš energetske sustav. Proizvodnja energije putem korištenja energije nuklearne fisije praćena je kao i sve ostale tehnologije tehnološkim balastom, koji se pojavljuje u obliku radioaktivnog otpada RAO. RAO nastao normalnim radom nuklearne elektrane predstavlja, u današnjim uvjetima radiokemijske tehnologije, niz

tehnoloških operacija, koje se mogu voditi različitim putevima no uvijek u cilju da se RAO kontrolirano prikupi, pohrani ili pod kontroliranim uvjetima odbaci (1). Danas se može reći, da se RAO može prikupljati, obrađivati i pohranjivati pod takovim tehnološkim uvjetima, koji osiguravaju potpunu sigurnost u pogledu zaštite od zračenja ili interne kontaminacije. Činjenica je da se u svijetu ne radi uvijek pod uvjetima najoptimalnije zaštite, ali je isto tako činjenica, da se međunarodna stručna javnost stalno bori za maksimalno racionalne i sigurnosne uvjete rada s RAO. U SFRJ se starta s uvođenjem nuklearnih elektrana i sada je momenat, da se na nivou Jugoslavije dogovorimo o zajedničkom, dugoročnom i odgovarajućem nizu postupaka neophodnih za sigurnosno vođenje procesa sakupljanja, obrade i pohranjivanja RAO. U dosadašnjim razmatranjima na međunarodnoj raspravi kroz INFCE program istaknut je niz vrijednih preporuka, koje ovdje ne možemo sve razmatrati, no prihvatiti ćemo:

- redukciju volumena kao uvjet obrade i sakupljanja RAO, koji proizlazi iz razloga sigurnosti, ekonomije i jednostavnijeg društvenog prihvaćanja;
- prikupljanje kroz organizirani sustav, koji vodi do jednog zajedničkog depoa RAO;
- koncentraciju tehnologija podsustava nuklearnog gorivog ciklusa na jednom "zaštitnom centru".

O razlozima redukcije startnih volumena, tehnologijama za redukciju i smještajem tehnoloških postrojenja nećemo posebno raspravljati, jer je to predmet drugog rada (2). Prikupljanje RAO od najšire mreže korisnika izvora ionizirajućih zračenja uključujući i tehnologije podsustava nuklearnog gorivog ciklusa, raspravljano je već na nekoliko skupova (3) u nas, no smatramo još uvijek potrebnim naglasiti, da je za SFRJ najoptimalnije rješenje kroz jedinstveni jugoslavenski sustav za sakupljanje, obradu, privremeno i trajno pohranjivanje RAO (4). Suština prijedloga polazi od realnih materijalnih, kadrovskih, prostornih i geološke strukturalnih činjenica, koje nas sve upućuju na to da se za potrebe svih današnjih i budućih korisnika nuklearnih depoa izgradi jedan jedinstveni sustav (4). Zatvaranje tehnologija drugih zemlja za

22-

Usluge u preradi ozračenog nuklearnog goriva, vrlo nas jednoznačno upućuje na kompleksno razmatranje problema RAO, jer se preradom ozračenog nuklearnog goriva "proizvodi" bitna količina RAO. Nema sumnje da se ozračeno nuklearno gorivo iz naših nuklearnih elektrana ne će trajno pohranjivati kao "otpad", već da će u njemu biti glavni izvori nove sirovine za energiju uran i plutonij pa se sa preradom ili reprocessingom mora računati kao jednom od perspektivnih tehnologija. A ta nam tehnologija nedvosmisleno ostavlja ogromne radioaktivnosti za pohranu. Valja podvući, da i u uvjetima eventualnih vanjskih usluga na reprocessingu moramo osigurati uvjete za pohranu RAO iz reprocessinga. Prema tome radom nuklearne elektrane ne dobivamo u zadatak da se brinemo samo o RAO kao tekućem tehnološkom otpadu već moramo voditi računa i o onom otpadu koji će neminovno proizaći iz daljnjeg korištenja energetske sirovine sadržane u istrošenom nuklearnom gorivu. Ovo je vrlo važno, jer nas svijest o povezanosti tehnologija koje će pratiti korištenje nuklearnog goriva vodi i do saznanja, da se problem prerade i pohrane RAO mora razmatrati u okviru koncentriranih tehnologija podsustava nuklearnog gorivog ciklusa, t.j. kroz "zaštitni centar" (5). Takav bi centar trebao biti lociran na mjestu koje može biti izolirano od budućih ljudskih aktivnosti i na terenu koji garantira solidnu geološku i seizmičku kvalitetu, a organizacija zaštite ili čuvanja bi mogla biti na najvišem nivou. Problem sigurnosnog transporta radioaktivnih materijala je i danas već dobro riješen, međutim takav je transport vrlo skup i vezan je uz izgradnju posebnog sustava prijevoza kakav u nas još ne postoji. Nema razloga da se pojedini dijelovi NGC raspoređavaju po raznim lokacijama SFRJ, jer to komplicira i bitno poskupljuje sistem osiguranja. Rizik je to veći što je više centara između kojih radioaktivni materijali moraju putovati. Dugačak je niz ekonomskih i sigurnosnih razloga koji su uvjetovali, da se i zemlje sa mnogo boljim prometnicama i daleko organiziranijim transportom odluče na koncentriranje niza tehnologija na jednom mjestu (5). Naša tehnoeekonomska podloga najdirektnije nas upućuje na izradu koncepta jedinstvene jugoslavenske lokacije "zaštitnog centra" kao polazišta za rješavanje niza podsustava NGC, a na prvom mjestu onih dijelova tih tehnologija koje produciraju i RAO.

LITERATURA:

- (1) INFCE SUMMARY VOLUME IAEA, Vienna, 1980, p. 223.
- (2) B. Subotić, R. Despotović, Ovaj Zbornik.
- (3) -R. Despotović, S. Musić, M. Pirš, B. Subotić, Savjetovanje "Nuklearne elektrane i zaštita od zračenja" Čateške toplice, 4.VI. do 6.VI. 1980.
- R. Despotović, Savjetovanje "Obezbeđivanje i korišćenje i prerada nuklearnog goriva u Jugoslaviji" Donji Milanovac, (1980) 133.
- R. Despotović, 10. Jugoslavenski simpozij o radiološkoj zaštiti, Arandelovac (1979) 471.
- R. Despotović, B. Subotić, 9. Jugoslavenski simpozij o radiološkoj zaštiti, Jajce (1977) 427.
- (4) -ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA, Tema 8 studije "Raspoloživost nuklearnih sirovina za potrebe razvoja i izgradnje nuklearnih elektrana do 2000 godine i analiza pojedinih faza gorivog ciklusa" SP, Beograd SIV (1977).
- R. Despotović i B. Subotić "Tretman radioaktivnog otpada za program izgradnje nuklearnih elektrana u SR Hrvatskoj - I etapa, u okviru studije Mogućnost organiziranja pojedinih faza gorivog ciklusa" Zagreb, ZEOH/1980.
- RAO, AB "Centar 51" Projektni program za izgradnju skladišta za radioaktivni otpad, kao dio zadatka po Ugovoru br. 13-3294// (SKRZSZ, Beograd 1978): Projekt O. Korinek.
- (5) -WASTE MANAGEMENT AND DISPOSAL, Report of INFCE Working Group 7, Publ. IAEA, Vienna 1980, STI/PUB/534, ISBN 92-0-159780-0.
- Das nukleare Entsorgungszentrum, Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mBH .
- Health Implications of Nuclear Power Production, Report on a Working Group WHO, Brussels (1975).

XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož 21.-24.04.1981.

S. Bačić, Ž. Vuković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

ANALIZA SORPCIJE NA MIKROKRISTALNIM SORBENTIMA -
METODIKA IZUČAVANJA DEFEKTNE STRUKTURE MIKROKRISTALA

Rezime

Izučavana je metodika određivanja osobina mikrokristalnih sorbenata čija je defektna struktura limitirajući faktor sorpcije. Primenjena je metoda radioaktivnih indikatora i određene su energije aktivacije odlaska defekata usled starenja, kao i izotopske izmene za mikrokristale $BaCO_3$ taložene iz vodenih rastvora.

Uvod

Neorganski mikrokristali formirani iz vodenih rastvora pogodni su za sorpciju radionuklida ^(1,2). Sorpcione osobine ovih kristala, prvenstveno kapacitet, zavise od defektne strukture nastale pri rastu kristala ⁽³⁾. Izučavanje defektnosti mikrokristala je veoma složeno metodološki i eksperimentalno. Metoda radioaktivnih indikatora i merenje električne provodljivosti daju značajne informacije o stepenu defektnosti i mehanizmima njihovog nestajanja. U ovom radu, na primeru mikrokristala $BaCO_3$, analizirana je defektna struktura primenom metode radioaktivnih indikatora.

Teorijski deo

Ako se migracija indikatora u čvrstu fazu odvija po vakantnom mehanizmu onda se temperaturna zavisnost koeficijenta same-difuzije može predstaviti jednačinom sledećeg oblika:

$$D = \omega(T)C(T,t)e^{-U/RT} \quad (1)$$

gde je $\omega(T)$ faktor koji opisuje temperaturnu zavisnost translatornog

pomeranja atoma u čvrstoj fazi a $C(T,t)$ opisuje zavisnost koeficijenta difuzije od starenja taloga i istovremeno zavisnost starenja taloga od temperature i vremena starenja. Za odredjivanje energije aktivacije migracije tj. izotopske izmene i energije aktivacije odlaska defekata usled starenja, neophodno je razdvojiti njihov uticaj na difuziju pa jednačinu (1) pišemo u razvijenom obliku:

$$D = \frac{\pi}{kT} \omega^0 e^{-U/RTp} C_o e^{-\alpha^0 \exp(-W/RTc)\tau} \quad (2)$$

gde je T_p -temperatura izotopske razmene, T_c -temperatura starenja taloga, τ -vreme starenja taloga; U je energija aktivacije izotopske izmene i W je energija aktivacije odlaska defekata usled starenja taloga.

Menjajući jedan od parametara T_p, T_c i τ , a pri konstantnoj vrednosti ostalih, može se izračunati W i U .

U radu je korišćena tehnika "impulsnog zagrevanja" (sl.1) i radiometrijski metod analize.

Eksperimentalni deo

Talog $BaCO_3$ je pravljen slivanjem istih zapremina ekvimolarnih količina $BaCl_2$ i Na_2CO_3 , mešan propeler mešalicom i termostatiran na određenoj temperaturi u zavisnosti od parametra koji menjaemo. Na različitim temperaturama i u različitim vremenima formiranja taloga dodavan je radioaktivni indikator ^{133}Ba i radiometrijski je praćena promena aktivnosti u rastvoru.

Rezultati i diskusija

Ukupni intenzitet izotopne izmene J moguće je razdvojiti na dva dela $J = J_{povr.} + J_{ob.}$ gde je $J_{povr.}$ površinski molski udeo izmene koji opisuje jako brz proces koji predhodi difuziji indikatora u unutrašnjost kristala a koju karakteriše zapreminski molski udeo izmene ($J_{ob.}$).

$$J_{ob.} = \left(1 - \frac{C^*}{C_o^*}\right) - \left(1 - \frac{C_n^*}{C_o^*}\right) \quad (3)$$

gde je C^* konc. indikatora u trenutku t , C_O^* -konc. standarda a C_n^* početna koncentracija aktivne supstance u rastvoru. Iz intenziteta zapreminske izmene, koeficijenta samo-difuzije je izračunat na osnovu sledeće jednačine (4):

$$J_{ob}(\cong) \frac{Y}{Y_O} = \frac{2\rho S}{C_m \cdot M^{1/2}} \sqrt{Dt} \quad (4)$$

gde su ρ i S gustina i površina čvrste faze, C_m je koncentracija supstance u rastvoru a M je zapremina rastvora. Ako predstavimo $J_{ob} = f(\sqrt{t})$ iz nagiba linearnog dela izračunavamo koeficijent samodifuzije D .

I Određivanje energije aktivacije odlaska defekata usled starenja

Na slici 2 prikazana je promena koncentracije indikatora u rastvoru pri različitim vremenima starenja taloga pri konstantnoj temperaturi razmene i starenja taloga. Iz nagiba krivih $\ln D = f(\tau)$ određena je funkcija $\Gamma = \alpha_0 \exp(-\frac{W}{RT_C})$.

Ovi eksperimenti su urađeni na tri različite temperature i sa grafika $\ln \Gamma = f(\frac{1}{T_C})$ izračunata je energija aktivacije odlaska defekata usled starenja $W = 10,3$ kJ/mol.

II Određivanje energije aktivacije izotopske izmene

Na slici 3 prikazana je promena koncentracije indikatora u zavisnosti od temperature razmene pri konstantnoj temperaturi i vremenu starenja taloga. Na isti način je određen koeficijent samodifuzije D a iz zavisnosti $\ln D = f(\frac{1}{T_P})$ izračunata je energija aktivacije izotopske izmene $U = 41,6$ kJ/mol.

Zaključak

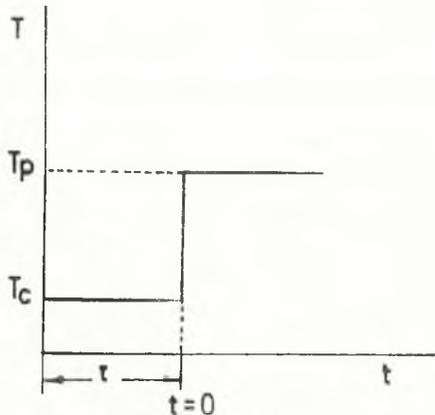
Dobijeni rezultati uz komparaciju sa metodom električne provodljivosti čvrste faze, koja pruža informaciju o istom mehanizmu, treba da daju dobru osnovu za rešavanje praktičnog zadatka koji se odnosi na poboljšanje sorpcionih osobina mikrokristala ukoliko se uspori nestajanje defekata pri starenju.

Abstract

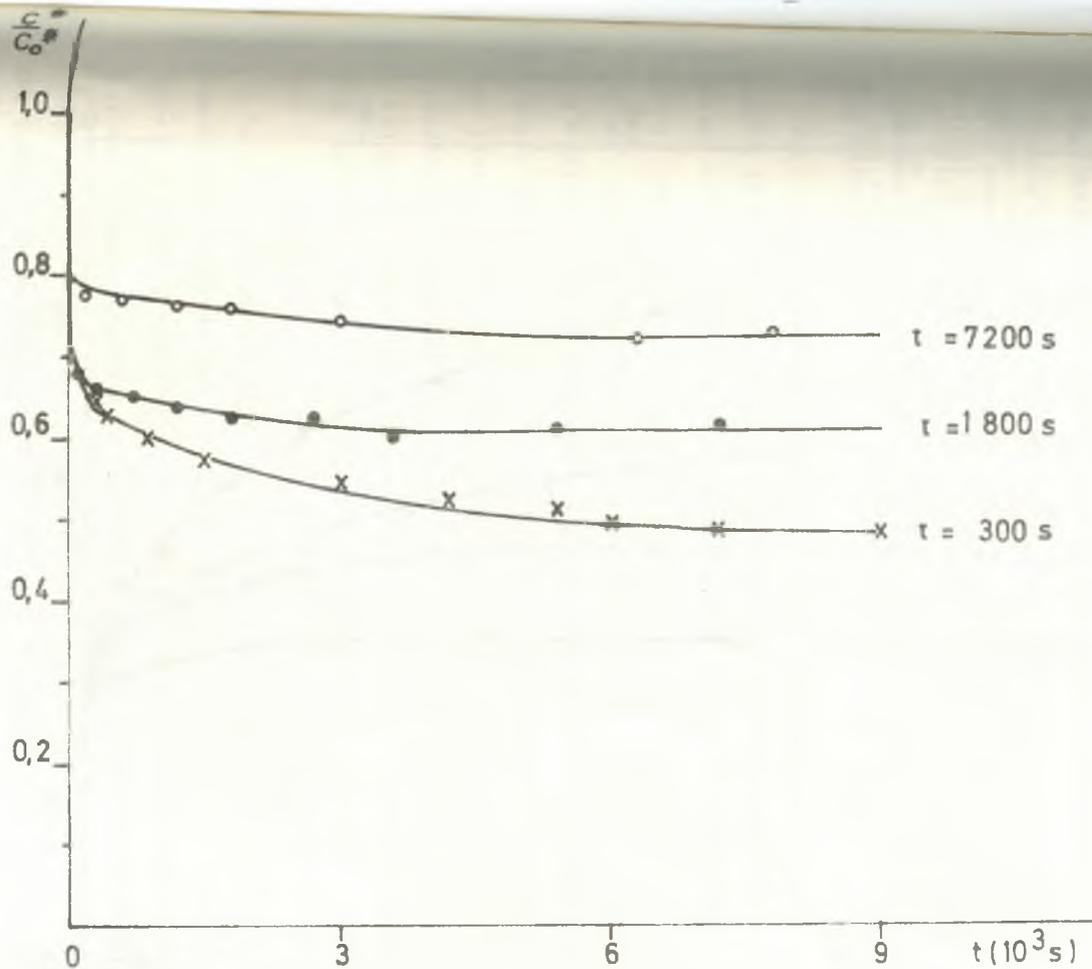
Determination of the properties microcrystals sorbents with structure defects, as limiting factor of sorption, was investigated. Method of radioactive tracer was used. Activation energy of defect disappearing due crystals ageing and activation energy of isotopic exchange of precipitated microcrystals BaCO_3 from aqueous solutions, was determined.

Literatura

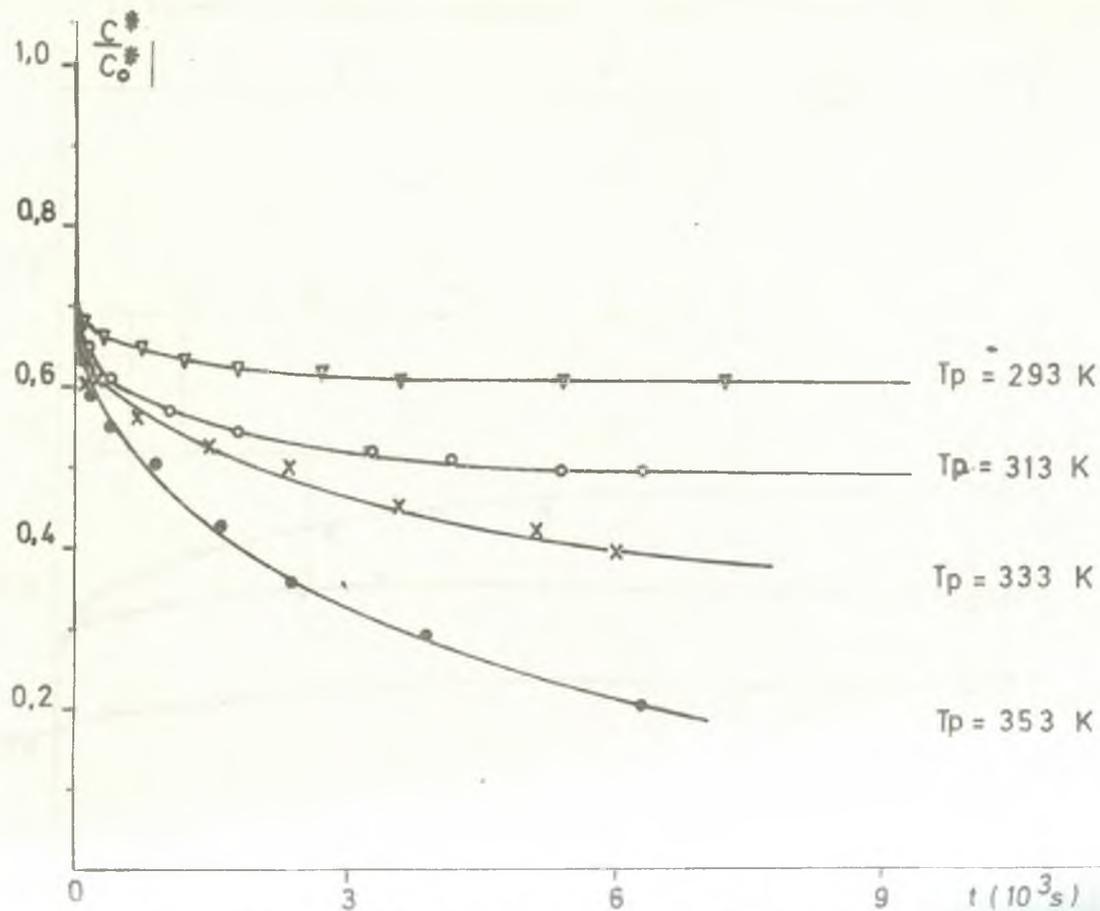
1. I.V.Melihov, Ž.Vuković and S.Lazić, *Radiochimica Acta*, 27(1980)151
2. K.H.Lieser, H.Mager and G.Pallikaris, *Z.Phys.Chem.Neue,Folge.*, Bd.105s (1977)35.
3. I.V.Melihov, V.G.Pečnikov, *DAN*, 185,5(1969)1083
4. I.V.Melihov, Ž.Vuković, *Ž.F.H.*, 46,2 (1972)328.



Sl.1. Šematski prikaz metode "impulsnog zagrevanja" ($t=0$ -vreme dodavanja indikatora)



Sl.2. Promena koncentracije indikatora u rastvoru pri različitim vremenima starenja taloga: $T_p = 20^\circ\text{C} = \text{const.}$; $T_c = 40^\circ\text{C}$.



S1.3. Promena koncentracije indikatora u rastvoru u funkciji temperature razmene, $\tau = 30$ min, $T_G = 40^\circ\text{C}$.

XI. Jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.4.1981.

Boris Subotić i Radoslav Despotović
Institut "Ruder Bošković", p.p. 1016, 41001 Zagreb

OBRADA RADIOAKTIVNOG OTPADA IZ NUKLEARNIH ELEKTRANA

Specifična radioaktivnost radioaktivnog otpada koji nastaje u normalnom radu nuklearne elektrane upućuje iz ekonomskih razloga na potrebu redukcije primarnog volumena radioaktivnog otpada. Razlozi redukcije primarnog volumena, metode i solucije u izboru postupka moraju biti podređene nuklearnom gorivom ciklusu određene sredine. Radoći da se i u nas uvode nuklearna postrojenja, neophodno je sa stanovišta ekonomije sistema i zaštite od ionizirajućeg zračenja odrediti tehnologiju obrade radioaktivnog otpada, posebno iz nuklearnih elektrana.

Proizvodnja električne energije pomoću nuklearnih elektrana praćena je dobivanjem znatnih količina radioaktivnog otpada. Radioaktivni otpad javlja se u sva tri agregatna stanja i u izvanredno širokoj skali masa, volumena, specifičnih radioaktivnosti i vrsti izotopa. Najveći dio nastalog radioaktivnog otpada sadrži koncentracije radionuklida iznad granice dopuštene za slobodno otpuštanje u okolinu; neki od radioizotopa u takvom radioaktivnom otpadu su osim toga izvanredno radiotoksični. Čuvanje radioaktivnog otpada nastalog u pojedinim fazama gorivog ciklusa u originalnom obliku na mjestima na kojima je nastao, predstavljalo bi nepremostive poteškoće, kako zbog velikih volumena koje bi trebalo uskladištiti na siguran način, tako i zbog opasnosti od izlaganja ljudi koji na tim sistemima rade sve većim i rastućim dozama radioaktivnog zračenja iz radioaktivnog otpada. Zbog toga su već u ranim fazama istraživanja i razvoja nuklearnih sistema stručnjaci veliku pažnju posvetili problemima radioaktivnog otpada. Uvođenjem nuklearnih elektrana u naš elektro-energetski sistem i mi ćemo se uskoro aktivno sresti s ovim problemom. Kod toga se mora imati na umu da pristupi rješavanju problema radioaktivnog otpada koji nude proizvođači nuklearnih sistema neće možda biti za naše uvjete i prilike najprihvatljivija. To nameće

potrebu, da upoznavajući mnogobrojna iskustva s tog područja izaberemo za nas najprihvatljivija rješenja, što ne isključuje razvojne i istraživačke radove na adaptaciji postojećih i pronalaženju novih rješenja. U tom kontekstu, cilj ovog rada je kratak prikaz najvažnijih postupaka za preradu radioaktivnog otpada, prijedlog potencijalno prihvatljivih alternativa i sagledavanje vlastitih mogućnosti u rješavanju ovog problema.

Iako radioaktivni otpad nastao radom nuklearne elektrane (uz uvjet da se iskorišteni gorivi elementi ne smatraju radioaktivnim otpadom) sadrži samo oko 0,1% fisioh produkata i drugih izvora radioaktivnosti nuklearnog gorivog ciklusa, on ipak u obliku u kojem je nastao predstavlja izvor znatne opasnosti pa je njegova izolacija od životne sredine imperativ za normalan rad elektrane. Stoga se takav radioaktivni otpad mora prije privremenog skladištenja ili trajnog odlaganja preraditi na odgovarajući način, imajući na umu dva osnovna principa: (i) da s razloga sigurnosti radioaktivni otpad bude uskladišten ili pohranjen u takvom obliku da je interakcija s okolinom što je moguće manja i (ii) da s tehno-ekonomskih razloga (transport, raspoloživi prostor) stupanj redukcije početnog volumena radioaktivnog otpada bude što je moguće veći. Naime, iako općenito cijena tretmana radioaktivnog otpada raste s povećanjem stupnja redukcije volumena, mnogobrojna iskustva su pokazala da povoljni ekonomski efekti u transportu i skladištenju čine da je rješavanje pitanja radioaktivnog otpada u globalu jeftinije ukoliko se primjeni maksimalni mogući stupanj redukcije volumena (1-4). Glavnina radioaktivnog otpada, kako po volumenu tako i po totalnoj radioaktivnosti nastalog tokom rada nuklearne elektrane, javlja se u vlažnom obliku i općenito je nazvan tekući radioaktivni otpad. Kod toga se najveći dio tekućeg radioaktivnog otpada dobije kao rezultat kondicioniranja rashladnog medija reaktora ili primarne obrade vode iz bazena za hlađenje iskorištenih gorivih elemenata, a oblik

koncentrat evaporatora, slurry, mulj) ovisi o načinu kondicioniranja (5,6) odnosno primarne obrade (filtracija, ionska zamjena, evaporacija, sedimentacija, centrifugiranje) vode iz bazena za hlađenje iskorištenih gorivih elemenata. Sistemi za kondicioniranje rashladnog medija, kao dio tehnološke cjeline reaktora, su uglavnom dobro razrađeni, uz postojanje manjih mogućnosti za poboljšanje ili pojeftinjenje procesa (osim za slučaj da se za kupljeni reaktor dio ili cijeli sistem za kondicioniranje rashladnog medija projektira i izradi kod nas). S tog razloga, količine dobivenog radioaktivnog otpada, stanja u kojima se on pojavljuje i odnosi njihovih volumena ovisit će o tipu reaktora, njegovoj snazi i režimu rada. Jedna od ozbiljnijih intervencija koja bi se u sadašnjim uvjetima mogla poduzeti u sistemu za kondicioniranje rashladnog medija je zamjena dijela skupih izmjenjivačkih smola sa znatno jeftinijim anorganskim izmjenjivačima (7, 8). Primarna obrada voda iz bazena za hlađenje istrošenog reaktorskog goriva i ostalih radioaktivnih tekućina koje nastaju kao rezultat pomoćnih i servisnih djelatnosti (dekontaminacija, pranje, remont) vrši se nizom procesa (9): (i) separacija čvrstih netopljivih tvari od tekuće faze sedimentacijom, filtracijom i centrifugiranjem, (ii) prekoncentracijom tekuće faze evaporacijom, (iii) kemijskim taloženjem i separacijom taloga od tekuće faze naknadnom sedimentacijom, filtracijom ili centrifugiranjem i (iv) uklanjanjem radioaktivnog materijala koji je nakon prethodnih operacija ostao u tekućoj fazi u ionskom stanju, procesom ionske zamjene. Fizičko-kemijski postupci koji se koriste u primarnom tretmanu vode iz bazena za čišćenje iskorištenih gorivih elemenata i ostalih radioaktivnih tekućina dio su dugogodišnjih istraživačkih programa mnogih naših znanstvenih ustanova i istraživačkih grupa pa postoje sasvim realne mogućnosti da se velik dio ovih sistema razvije i izvede u nas. Ovo se pogotovo odnosi na tretman s ionskim izmjenjivačima, gdje se skupe uvozne smole mogu zamijeniti s mnogo jeftinijim anorganskim

izmjenjivačima (molekularna sita) u radu s kojima iskustva postoje i u nas. Velika kemijska i radiolitička stabilnost i visok kapacitet ionske zamjene čine zeolite (molekularna sita) izvanredno perspektivnim materijalima za tretman radioaktivnog otpada. Velika selektivnost za zamjenu određenih vrsta iona nekih tipova zeolita, uvjetuje njihovu primjenu za odvajanje izotopa stroncija i cezija iz smjese (8). Osim toga, upotrebom manje selektivnih tipova ili smjese zeolita, radioaktivni ioni iz tekuće faze mogu se u velikom stupnju zamijeniti s neradioaktivnim ionima iz aluminosilikatne rešetke zeolita. Zbog svoje aluminosilikatne osnove, ovakvi radioaktivni zeoliti mogu se vrlo lako pretvoriti u staklo i na taj način, radioaktivne ione fiksirati u matriksu s izvanredno malim koeficijentom difuzije (10). Određeni tipovi zeolita mogu se kemijskim putem transformirati u tipove sa znatno manjim šupljinama (11) i na taj način fiksirati radioaktivne izotope unutar strukture zeolita.

Jednogodišnjim radom lakovodnog reaktora snage 1000 MW, nakon primarne obrade rashladnog medija reaktora, vode iz bazena za čuvanje iskorištenih gorivih elemenata i ostalih, pretežno nisko-radioaktivnih voda, nastaje 50 - 90 m³ vlažnog, srednje- i nisko-radioaktivnog otpada (12), u raznim oblicima (koncentrat evaporatora, iskorištene izmjenjivačke smole, slurry, mulj). U principu, ovakav radioaktivni otpad mogao bi se uskladištiti u obliku u kojem je dobiven, međutim veliki problemi imobilizacije radioaktivnog otpada u takvom obliku s jedne strane i transportni problemi te racionalno korištenje raspoloživog prostora za skladištenje uvjetuju solidifikaciju vlažnog radioaktivnog otpada prije privremenog skladištenja ili konačnog odlaganja (1,2,5,9,12,13). Zbog tog razloga istraživanjima postupaka solidifikacije posvećuje se velika pažnja. Jedan od prvih načina solidifikacije, još i danas široko primjenjivan, je solidifikacija cementom (1,3,9,12,14). Međutim novija istraživanja pokazala su da postoje i

345

veće mogućnosti koje daju značajnije efekte imobilizacije uz znatno veći stupanj redukcije volumena i uz nižu cijenu tretmana. Komparativna analiza svojstava cementa, poliestera i bitumena kao medija za solidifikaciju istaknula je znatne prednosti bitumena pred ostalim materijalima (1,3). Uz ostale karakteristike koje ga čine vrlo dobrim solidifikacijskim medijem (mala brzina difuzije izotopa u matriksu, mali sadržaj vode u solidificiranom materijalu, relativno mala gustoća bitumena, fizička, kemijska i radiolitička stabilnost, jednostavan postupak solidifikacije, relativno niska cijena bitumena i sl.) svakako najatraktivnije svojstvo je značajna redukcija volumena (1,3). Ovisno o vrsti radioaktivnog otpada, stupanj redukcije iznosi 2 do 20, a operacijska cijena bitumenizacije je oko 10 puta manja od operacijske cijene solidifikacije cementom (2). Imajući uz to na umu da su troškovi transporta solidificiranog radioaktivnog otpada do mjesta deponiranja 4-10 puta manji za otpad solidificiran bitumenom u odnosu na otpad solidificiran cementom (2), potrebno je svakako u svim daljnjim razmatranjima vrlo ozbiljno uzeti u obzir solidifikaciju radioaktivnog otpada bitumenom, odnosno razvoj ove metode i njeeno prilagodavanje nasim uvjetima.

THE PROCESSING OF RADIOACTIVE WASTE FROM NUCLEAR POWER STATIONS

The specific radioactivity of radioactive waste, which is produced during the normal working of a nuclear power station, gives rise, for economic reasons, to a need to reduce the primary volume of radioactive waste. The reasons for reducing primary volume, and the methods and solutions considered in the choice of a procedure, must depend on the nuclear fuel cycle of a given environment. Since nuclear plants are being introduced into our country, it is necessary, from the standpoint of the economics of the system, and for protection from ionizing radiation, to determine a technology for processing radioactive waste, especially that from nuclear power stations.

REFERENCE

1. J.E.Stewart, R.Herter, "Solid Radwaste Experience in Europe", ACME Publication, 75-Pwr-21 .
2. L.M.Mergan, M.Vandrope, J.P.kordier, Proc.Int.Conf. Nuclear Power and Its Fuel Cycle, Salzburg (1977), IAEA-CN-36/18b .
3. Technical Report Series No.16, "Bitumenization of Radioactive Waste" , IAEA Vienna, 1970 .
4. B.Christ, H.Holtz, "Industrial Processes for Disposal of Low Active Waste from Nuclear Power Plants", European Nuclear Conference, Hamburg, 1979 .
5. United Kingdom Atomic Authority, "Evidence Submitted 1974/75 to the Royal Commission on Environmental Pollution", UKAEA, London
6. H.Dyroff, F.K.Fleischmann, Proc.Int.Conf. Nuclear Power and Its Fuel Cycle, Salzburg (1977), IAEA-CN-36/121 .
7. Technical Report Series No.78, "Operation and Control of Ion-Exchange Processes for Treatment of Radioactive Wastes", IAEA Vienna, 1967.
8. J.D.Sherman, "Application of Molecular Sieve Zeolites to Pollution Abatement", Ion Exchange for Pollution Control, Vol. II, CRC Press Inc. Boca Raton (1979) p. 227 .
9. KS-Information, "Radioactive Residues, Their Origin and Elimination", Brief Report No.20, Werner and Phriderer Engineers, Stuttgart .
10. Oak Ridge National Laboratory, Chemical Technology Division Annual Progress report, period ending March 31, 1975, ORNL-5050, October 1975.
11. B.Subotić, D.Škrtić, I.Smit, L.Sekovanić, J.Cryst.Growth, 50 (1980) 498 .
12. V.V.Dolzov, Proc. Int. Conf. Nuclear Power and Its Fuel Cycle, Salzburg (1977), IAEA-CN-36/186.
13. Technical Report Series No.167, "Characteristics of Solidified High-Level Waste Products", IAEA Vienna, 1979.
14. F.R.Marcus, F.Seyneave, Proc.Int.Conf. Nuclear Power and Its Fuel Cycle, Salzburg (1977), IAEA-CN-36/8 .
15. W.Bähr et al., Proc.Int.Symp. Management of Radioactive Wastes from the Nuclear Fuel Cycle, Vienna (1976), IAEA-SM-20/181 .

M. Mandić, Ž. Vuković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

CCNR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

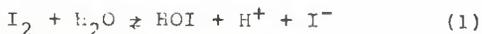
SORPCIJA HIPOJODASTE KISELINE IZ VODENOG RASTVORA
NA AKTIVNOM UGLJU BILJNOG POREKLA

Rezime

Izučavana je sorpcija hipojodaste kiseline na aktivnom uglju biljnog porekla određenih karakteristika. Sorpcija je definirana Langmirovim tipom izoterme. Određeni su energija aktivacije i konstanta ravnotežne raspodele.

Uvod

Aktivni ugalj je široko rasprostranjen sorbent u prečišćavanju gasne i tečne faze. Zbog velike površine i razvijene poroznosti veoma je efikasan sorbent za molekularne oblike joda. Međutim u vodenim rastvorima zbog hidrolize i drugih procesa stvaraju se različite valeantne i jonske vrste joda. Sledeće reakcije su značajne za formiranje hipojodaste kiseline. (2)



U opsegu koncentracija joda 10^{-8} - 10^{-12} M i pH(6-10) reakcija (1) daje visok prinos HOI. Hipojodasta kiselina je stabilna i pri volatilizaciji pa je s tim u vezi značajno da se utvrde parametri bitni za analizu procesa sorpcije iz vodenih rastvora.

Ekperimentalni rad

Korišćen je adsorbent aktivni ugalj biljnog porekla Nuchar NV-W 8x30 Mesha sa sledećim karakteristikama:

- sadržaj pepela 5,1%
- vlaga 8,5%
- pH ekstrakta 8,2%
- specifična površina (m²/g) 1010

Eksperimentima su bila obuhvaćena ispitivanja adsorpcije u statičkim uslovima pri čemu su korišćene staklene kivete koje su zatapane po ubacivanju sorbenta i ispitivanog rastvora. Efikasna zapremina kivete iznosila je 80 cm³. Masa uglja varirala je od nekoliko mg do nekoliko stotina mg. Raspodela sorbata između čvrste i tečne faze odredjivana je radiometrijski i spektrofotometrijski. Kao obeleživač za radiometrijsku metodu korišćen je ¹³¹I. Spektrofotometrijski je odredjivana koncentracija aktivnih oblika joda iz vodenih rastvora u ultraljubičastom delu spektra pošto je prethodno odredjen maksimum adsorpcije čistih valentnih oblika. Specifična površina odredjivana je po BET-u a ostali parametri po standardnoj metodici.⁽³⁾

Rezultati i diskusija

Na slici 1 prikazana je izoterma sorpcije HOI na aktivnom uglju Nuchar-WV-W 8x30 Mesha. Površina jednog molekula adsorbovanog na aktivnom uglju iznosi 1,677·10⁻¹⁷m² a kapacitet sorpcije 1,2 meq/gr na 298^oK, što je potvrda da dolazi do višeslojne sorpcije. Takav tip sorpcije ustanovljen je i za molekule J₂^(1,3). Samo je kapacitet sorpcije za HOI oko četiri puta manji.

Izoterme sorpcije snimljene su za tri različite temperature. Obzirom da sorpcija može opisati Langmirovom jednačinom izračunati su energija aktivacije (E) i konstanta ravnotežne sorpcije (K). Rezultati su prikazani u tabeli 1 i na slici 2. Aktivaciona energija (E) iznosi 17,16·10³J iako srodstvo hipojodaste kiseline sa aktivnim ugljem nije tako izražajno kao npr. elementarnog joda posebno je značajna činjenica da se hipojodasta kiselina javlja kao relativno stabilno sorbirajuće sredstvo na aktivnom uglju. Hipojodasta kiselina je identifikovana kao stabilni produkt u gasnoj fazi⁽²⁾. Udeo koncentracije hipojodaste kiseline u odnosu na ukupnu koncentraciju joda povećava se sa smanjenjem koncentracije joda, smanjenjem koncentracije H⁺ jona i sa povećanjem temperature. To sve nalaže da se kako analitički hipojodaste kiseline tako i njenoj sorpciji pri ekstremno niskim koncentracijama posveti daleko veća pažnja.

Abstract

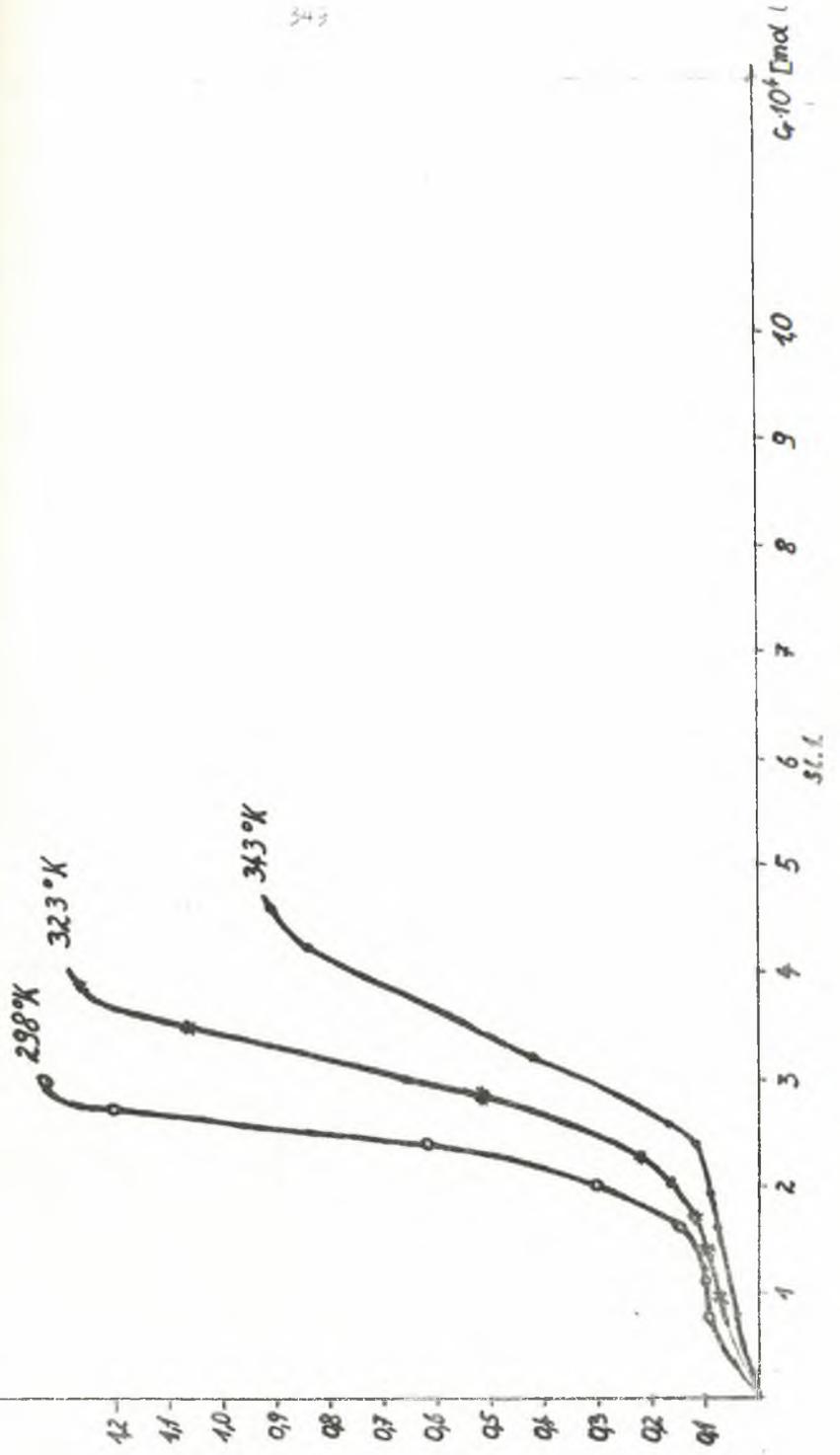
Adsorption of hypiodous acid on activated carbons of plant origin was investigated. Existing of Langmuir type of adsorption for explanation of experimental data was assumed. Activation energy of adsorption and constant of adsorption equilibria are determined.

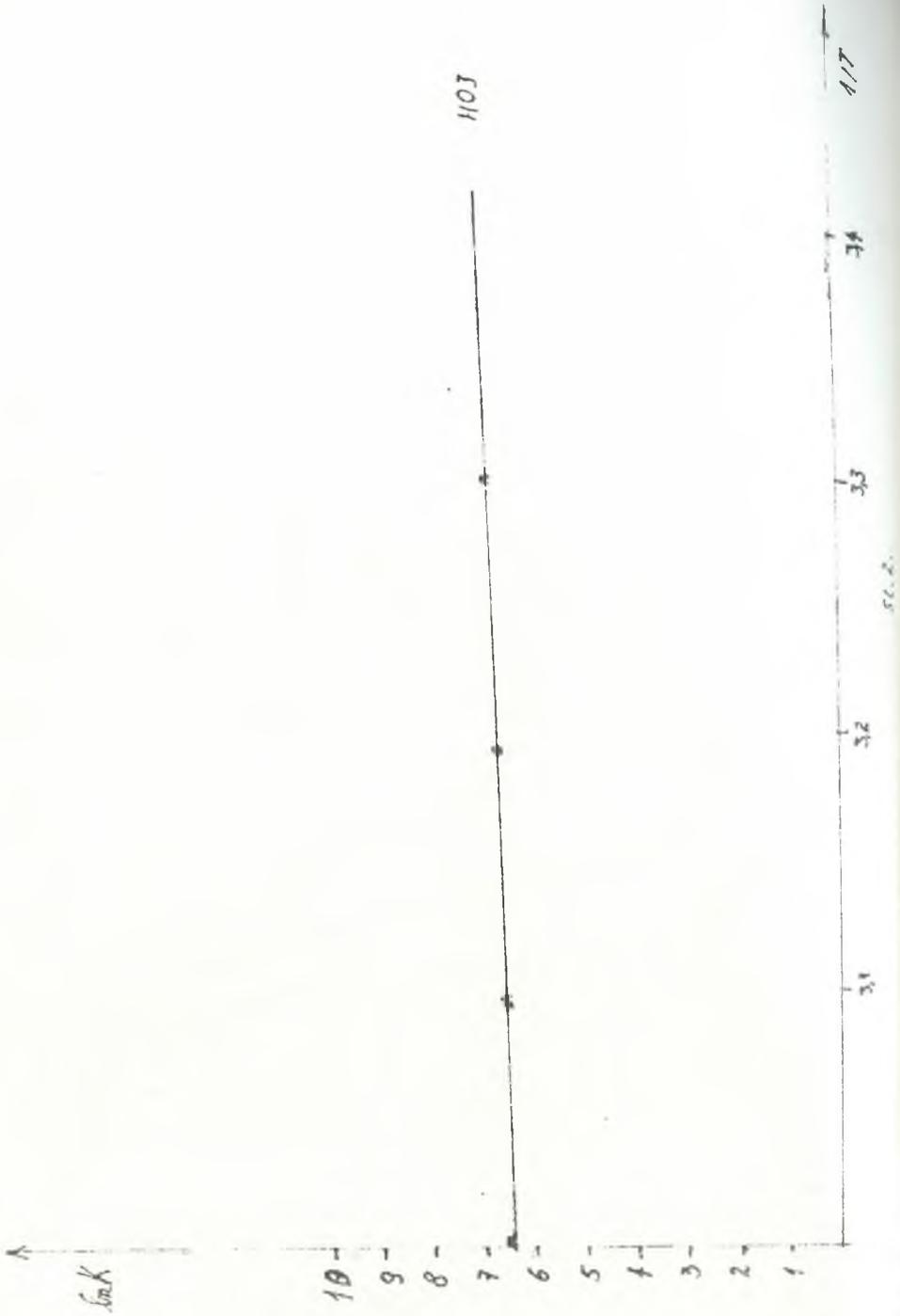
Reference

1. J.J.Bikerman, Surface Chemistry, Academic Press Inc. Publishers, New York 1958.
2. Proceedings of the Thirteenth AEC Air Cleaning Conference, CONF-740807.
3. V.Ponec, Z.Knor, S.Černý, Adsorption on Solids, Butterworths, London, 1974.
4. Adsorption from Aqueous Solution, Compiled works, American Chemical Society, Washington, D.C.1968.
5. Stanley I. Sandler, Chemical and Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, New York 1977.
6. D.O.Hayward, B.M.W.Trappnell, Chemisorption, Butterworths, London, 1964.

Tabela I

Hemiski oblik	HOI	HOI	HOI
T	313 ^o K	323 ^o K	333 ^o K
$\frac{1}{T} (K^{-1})$	$3,194 \cdot 10^{-3}$	$3,0959 \cdot 10^{-3}$	$3,003 \cdot 10^{-3}$
m(g)	0,1000	0,1000	0,1000
$\frac{x}{m} (\frac{mmol}{g})$	0,1617025	0,157084343	0,15637
Cr (mmol)	0,19148	0,21457828	0,218102
K	881,237	760,254	744,018
lnK	6,7813	6,6336	6,6120





XI. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Portorož, 21.-24.04.1981.

Mr. I. Plečaš, Dr. Ž. Vuković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

IOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

ANALIZA PROCESA PREČIŠĆAVANJA VODE FLOKULACIJOM -
EKSPERIMENTALNO IZUČAVANJE TALOŽENJA FERIFOSFATNIH FLOKULA
U LAMELLA APARATIMA

Rezime

U ovom radu izvršena je analiza procesa prečišćavanja vode u sistemu FeCl_3 , Na_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i saglasno tome određeni su osnovni parametri lamela aparata sa ciljem optimizacije rada ovoga aparata u uslovima kontinualnog prečišćavanja vode od primesa i formiranjem matematičkog modela procesa.

Uvod

Lamela ugušćivači se uspešno koriste u procesima ugušćivanja-koncentrisanja gde taložna površina igra značajnu ulogu. Taložna površina aparata se može povećati postavljanjem niza paralelnih ploča pod povoljnim nagibnim uglom čime se omogućuje kontinualno uklanjanje taloga sa ploča i njegovo izbacivanje iz aparata.

Eksperimentalni deo

Ulazni fluidi sadržavali su rastvore sledećeg sastava: FeCl_3 -250 mg/l, Na_3PO_4 -200 mg/l, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -74 mg/l, pH=11,3. U uslovi-
ma provodjenja eksperimenta eksperimentalno je utvrđeno da je odgo-
varajući ugao nagnutost $\alpha=60^\circ$. Rastojanje medju pločama iznosi
 $N=3,5$ cm za vreme zadržavanja suspenzije u Lamela ugušćivaču $\tau=1$ h
i kapacitet $Q=100$ lit/h.

Rastvor (suspenzija) se iz rezervoara pomoću centrifugal-
ne pumpe odvodi preko brzog mešača i flokulatora do Lamelarnog uguš-

322
ćivača. Dozirnim pumpama se u brzi mešač dovode hemikalije.

U lamela ugušćivaču dolazi do formiranja ugušćenog sloja (U.S.). Na određenoj visini postavlja se fotoćelija. Svetlosni zrak biva prekinut u određenim vremenskim intervalima tako da fotoćelija posredno reguliše otvaranje i zatvaranje magnetnog ventila na izlazu iz piramidalnog dna.

Formiranje US odvija se pod sledećim uslovima: Minimalna brzina iznosi $7,5 \cdot 10^{-4}$ (cm/s), protok $Q=0,212$ (cm³/s). Kritična brzina pri kojoj nastaje nekontrolisano odnošenje flokula iznosi $7 \cdot 10^{-2}$ cm/s, $Q=85,7$ cm³/s. Optimalne brzine penjanja rastvora za ostvarenje US iznose $w_{LSR}=9 \cdot 10^{-3}-2,5 \cdot 10^{-2}$ (cm/s) ili $Q=11-30,6$ cm³/s.

Saglasno tome u daljem toku rada eksperimenti su izvodjeni pri protocima $Q_1=11,11$ cm/s, $Q_2=16,66$ cm³/s i $Q_3=22,22$ cm³/s. Eksperimenti su pri ovim protocima izvodjeni za tri visine US, odnosno fotoćelije su bile postavljene na visine $L_1=12,5$ cm, $L_2=24$ cm i $L_3=32$ cm.

Pri dostizanju određene visine US otvarao se magnetni ventil kojim se odmuljivala konstantna zapremina suspenzije $M_{L_2}=250$ cm³.

Jedna od osnovnih karakteristika Lamela ugušćivača, ugao nklona treba da obezbedi da aparat radi kontinualno. Merenja su pokazala da za ugao $\alpha=20-40^\circ$ pri protoku fluida od $0,27$ (cm³/s) smanjuje se brzina čestica, za $\alpha=40^\circ$ čestice stoje u mestu a povećanjem nagibnog ugla iznad 40° čestice počinju da se kotrljaju niz lamelu. Pri protoku fluida od $0,55$ cm³/s čestice počinju da se kotrljaju za uglove veće od 60° . Za veće brzine fluida povećanje ugla lamela ima mali uticaj na uklanjanje fosfata, ili ima čak i negativan jer se sa povećanjem ugla smanjuje taložna površina. To isto odnosi se i na turbiditet. Eksperimenti su izvodjeni pri $\alpha=60^\circ$. Iz analize promene ξ uklonjenog fosfata za različita rastojanja lamela-ploča odabrano je rastojanje $N=3,5$ cm.

Poprečni presek lamela ugušćivača određen je na osnovu brzine taloženja w'_0 , odnosno brzine stupanja granice između izbitre tečnosti i suspenzije.

$$\text{Iz minimuma funkcije } \frac{QC}{A} = \frac{w'_0}{\frac{A}{C} - \frac{1}{Cu}}$$

gde su

w'_0 - brzina taloženja (cm/sec) = $0,008$ (cm/s)

$C = 0,78 \cdot 10^{-3}$ (gr/cm³)

Q - protok $27,8 \text{ cm}^3/\text{s}$

izobija se za poprečni presek lamelnog ugušivača

$A = 1314 \text{ cm}^2$, dužina stranice $d=35 \text{ cm}$.

Ako su:

- Poprečni presek ulazne cevi (cm^2),
- S_{TL} - Poprečni presek lamelnog ugušivača (cm^2),
- S_{OL}
 h - Visina za koju granica - flokulisani U.S.-bistri deo spadne pri otvaranju magnetnog ventila zbog reagovanja foto ćelije (cm),
- τ_L - Vreme između sukcesivnih izbacivanja taloga na izlazu za odmuljivanje I_2 (s),
- C_{OL} - Koncentracija fosfata u polaznom rastvoru (gr/cm^3),
- Q_0 - Protok rastvora kroz ulaznu cev (cm^3/s),
- τ_L - Poroznost rastvora koji izlazi na izlazu I_2 ,
- C_{HL} - Koncentracija fosfata u rastvoru izvan flokula u koničnom dnu lamelnog ugušivača, posle razblaženja od ulaznog rastvora (gr/cm^3),
- ρ_{LL} - Gustina fosfata u rastvoru izvan flokula u koničnom dnu lamelnog ugušivača posle razblaženja od ulaznog rastvora (gr/cm^3),
- C_{L1} - Koncentracija fosfata u rastvoru koji izlazi iz cevi na mestu I_1 (gr/cm^3),
- M_{L2} - Zapremina suspenzije koja izadje iz cevi na mestu I_2 pri otvaranju magnetnog ventila (cm^3),
- M_{L1} - Zapremina rastvora koja izadje iz cevi na mestu I_1 za vreme, τ_L (cm^3),
- ρ_{TL} - Gustina fosfata u jediničnoj zapremini flokula (gr/cm^3),
- τ_{LMV} - Vreme otvorenosti magnetnog ventila (s),
- \bar{v}_L - Srednja brzina podizanja granice slojeva posle izbacivanja iz cevi na mestu I_2 (cm/s),
- B - Deo rastvora koji izadje iz aparata na mestu I_2 za τ_{LM} ,
- N - Deo ulaznog rastvora koji odmah izadje na otvoru I_2 za vreme, τ_{LM} ,
- v_L - Brzina podizanja rastvora iznad flokulisanog U.S. (cm/s),
- v_t - Brzina taloženja po Stoksu (cm/s)

Uslovi materijalnog bilansa za čvrstu fazu:

$$Q_0 C_0 \tau_k = \beta M_2 [\epsilon \cdot C_H + (1-\epsilon) \rho_T] + M_1 C_1 \quad (1)$$

$$\bar{v}_L = \bar{v} \cdot \sin \alpha - v^+ (1 - \sin \alpha) \quad (7)$$

tj.:

$$\tau_L = \frac{\tau_k}{1 - \frac{v^+}{\bar{v}} (1/\sin \alpha - 1)} \quad (8)$$

Zaključak

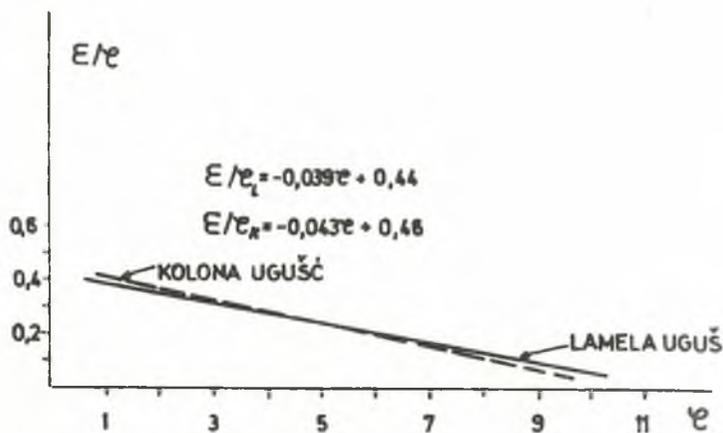
Izloženi rezultati pokazuju da se efikasnost sistema izražena preko koncentracija prečišćenih supstanci u rastvoru i poroznosti čvrste materije u suspenziji, mogu na odgovarajući način povezati sa parametrima aparata i parametrima režima rada aparata u uslovima kontinualnog prečišćavanja voda od nečistoća.

Abstrakt

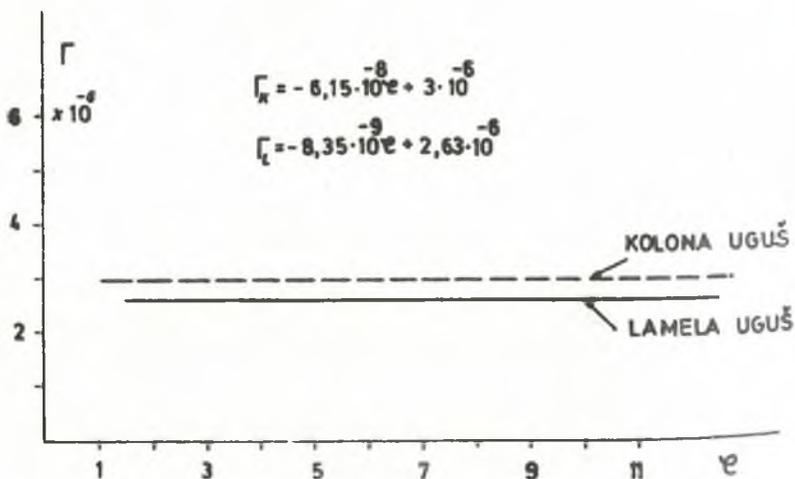
The investigation of phosphorus removal from water by coprecipitation with $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ and $\text{Fe}(\text{OH})_3$ in "fluidized sludge blanket" sistem in Lamella thickener is described with mathematical model.

Literatura

1. I. Plećaš, Ž. Vuković, M. Jeremić
"Uklanjanje fosfata klarifikulacijom u fluidizovanom sloju", IX Simp. Jug. Društva za zaštitu od zračenja
2. I. Plećaš, Ž. Vuković
"Lamela ugušćivanje u tretmanu otpadnih voda", Savetovanje: Otpadne vode metalurgije i metaloprerađivačke industrije
3. I. Plećaš, Ž. Vuković
"Lamelarni ugušćivač u tretmanu radioaktivnih otpadnih vođa" X Simp. Jug. Društva za zaštitu od zračenja
4. Bo Forsell and Bengt Nehström
"Lamella Sedimentation: A Compact Separation Technique JWPCE, Vol. 47, N°4, April 1975
5. R. A. Lauderdale
"Treatment of Radioactive Water by Phosphate Protection" ORNL-932



SL 1



SL 2

Prof dr Borislav Draganović, Doc dr Gordana Đurić i Gordana Ivanović - Mičić

Katedra za radiologiju Veterinarskog fakulteta u Beogradu

TERMIČKA OBRADA KAO METODA ZA SMANJENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI PILEĆEG MESA

U ovom radu prikazana je metoda kuvanja pod pritiskom pilećeg mesa, unutrašnjih organa i pilećih hrenovki pri čemu je kompletno menjana tečna faza. U mineralnog ostatka uzorka merena je ukupna beta aktivnost, doprinos radiokalijuma 40 i ostatak beta aktivnosti. Pri tome je utvrđen značajan dekontaminacioni efekt, koji je najveći u mesu brojlera a manji u unutrašnjim organima i hrenovkama. Dobijeni rezultati pokazuju visok procent doprinosa radioaklijuma, tako da je ostala beta aktivnost skoro zanemarljiva. Rezultati takođe pokazuju da, pored teorijskog značaja, termička obrada pilećeg mesa ima uslova za široku primenu u radijaciono-higijenskoj zaštiti lanca ishrane.

Nastavljajući istraživanja tehnoloških metoda koje mogu da dovedu do sniženja radioaktivnosti u mesu, opredelili smo se, pre svega, za termičku obradu mesa. Ona je pogodna iz nekoliko razloga: ne zahteva posebnu pripremu mesa kao sirovine, ne iziskuje posebne tehničke uslove i najmanje degradira meso - namirnicu, kako u zdravstvenoj ispravnosti, tako i u gubicima hranljivih sastojaka. Sem toga, završavajući ciklus ovih ispitivanja na različitim vrstama mesa (svinjsko, goveđe, teletće, pileće) koje čine najčešće hranivo u obroku prosečnog Jugoslovena, možemo da uporedimo ukupni efekt ove vrste tehnološke zaštite lanca ishrane ljudi od radioaktivnih zagađivača iz animalne proizvodnje. Uzimajući u obzir neke izrazite prednosti proizvodnje živinskog mesa (zatvoreni ciklus, kontrolisani uslovi, mogućnost zaštite od kontaminacije iz spoljašnje sre-

dine itd), kao i stalnog porasta potrošnje mesa živine u normalnim i specijalnim namenama (dijetetska ishrana, ishrana rekonvalescenata, ishrana vrhunskih sportista itd) u ovom radu smo pripremili rezultate ispitivanja termičke obrade mesa živine, nekih unutrašnjih organa koji dolaze u promet i jednog proizvoda od živinskog mesa (hrenovke).

Za ova ispitivanja uzeti su uzorci pilećeg mesa zaklane živine starosti 8 - 12 nedelja (brojleri) sa unutrašnjim organima (srce, jetra i mišićni želudac) po metodi slučajnog izbora sa teritorije užeg područja SRS. Hrenovke su uzimane od jedinog proizvođača u SFRJ PIK Ptuj. Za eksperimentalni rad odvajana je crna (sa zadnjih ekstremiteta) i bela muskulatura (grudna). Unutrašnji organi: srce, jetra i mišićni želudac su grupisani kao zbirni uzorak. Hrenovke su sačinjavale poseban uzorak. Termička obrada mesa i unutrašnjih organa pilića vršena je metodom dvostrukog kuvanja u loncima pod pritiskom po ranije opisanoj metodi (1, 2), dok su hrenovke barene na uobičajeni način: 5 minuta na temperaturi 85-92°. Posle termičkog tretmana uzorci su spaljivani i iz mineralnog ostatka određivani radijaciono-higijenski parametri. U uzorcima i kontrolama koristili smo sledeće metode: a) radiometriju U_{bA} na antikoincidentnom brojaču za nisku aktivnost; b) gamaspektrometriju za određivanje nivoa ^{40}K na sistemu $NaJ(Tl)$ detektoru i 1.024 kanalnom analizatoru; c) matematička i statistička obrada podataka određivanja doprinosa ^{40}K u U_{bA} (ukupna beta aktivnost) i ostala beta aktivnost (O_{bA}) i d) izračunavanje efekata dekontaminacije: procenta skinute aktivnosti (%SA) i faktor dekontaminacije (FD).

U razmatranu dobijenih rezultata poslužićemo se tabelarnim prikazima. Tako su rezultati izmerene ukupne beta aktivnosti (U_{bA}) sledeći:

TAB. br. 1 UKUPNA BETA AKTIVNOST ISPITIVANIH UZORAKA

Vrsta uzorka	U_{bA} sirovog (kontrola) uzorka	$Bq\ kg^{-1}$	U_{bA} kuvanog (ogleda) svež. uzorka	
Crna muskulatura	68,07	± 3,40	31,14	± 1,48
Bela muskulatura	100,96	± 4,80	39,96	± 3,18
Unutrašnji organi	75,80	± 6,00	48,48	± 4,88
Pileće hrenovke	61,22	± 6,11	37,70	± 5,11

Doprinos ^{40}K u ukupnoj beta aktivnosti uzoraka iznosio je 92,5 - 97,1 % ili $SV = 94,8 \pm 2,3$ % a doprinos ostale beta aktivnosti je $5,2 \pm 0,8$ %. To obračunato po uzorcima je dato u sledećoj tabeli

TAB. br. 2 DOPRINOS ^{40}K I OSTALA BETA AKTIVNOST
/ Bq kg⁻¹ svež.uzorka /

Vrsta uzorka	UbA	^{40}K	ObA
Crna muskulatura	68,07	64,64	3,40
Bela muskulatura	100,96	95,96	5,00
Unutrašnji organi	75,80	72,00	3,80
Pileće hrenovke	61,22	58,16	3,06

Ako uporedimo dobijene vrednosti pre i posle kuvanja dobijaju se dekontaminacioni efekti koji su prikazani na sledećoj tabeli:

TAB. br. 3 DEKONTAMINACIONI EFEKTI DVOSTRUKOG KUVANJA
POD PRITISKOM PILEĆEG MESA I HRENOVKI

Vrsta uzorka	% SA	FD
Crna muskulatura	54,23	2,18
Bela muskulatura	60,40	2,50
Unutrašnji organi	36,60	1,57
Pileće hrenovke	38,40	1,62

Iz prikazanih rezultata može se videti da kuvano meso brojlera pokazuje značajan gubitak beta aktivnosti koja potiče uglavnom od ^{40}K , dok je ostala beta aktivnost skoro nepokretljiva. Interesantno je izvršiti poređenje smanjenja ukupne beta aktivnosti kod mesa životinja koje se najčešće troše u obroku ljudi: svinjskog, goveđeg i pilećeg pri kuvanju pod pritiskom. U našim ranijim istraživanjima utvrdili smo da goveđe i talasne

meso gube najveći deo ukupne beta aktivnosti 60,36 - 70,32 % dok je kod svinskog mesa taj gubitak 60,5 % a kao što smo videli ovog puta za meso brojler pilića je 54,23 - 60,40 %.

Tako se iz dobijenih rezultata nameće zaključak da je termička obrada mesa dvostrukim kuvanjem pod pritiskom veoma efikasan dekontaminacioni postupak za sve vrste konzumnih mesa koje najčešće jedemo (goveđe, pileće, svinjsko). Isto tako, praktični značaj ovih istraživanja je vrlo naglašen: metoda je laka za primenu, efikasna i ne degradira meso kao izvor animalnih proteina u ljudskom obroku.

THERMIC TREATMENT AS METHOD FOR DECREASING TOTAL BETA ACTIVITY OF POULTRY MEAT

This work deals with the method of pressure-cooking of poultry meat, internal organs and poultry frankfurter in the course of which the liquid phase was completely changed. The ash were used to measure total beta activity, ^{40}K contribution and the rest beta activity. In this way we were able to determine a significant decontaminating effect which was highest in the case of broiler meat and lesser in the case of internal organs and frankfurter. Obtained results show also a high contribution of radiopotassium so that remaining beta activity is almost negligible. The results show that besides theoretical significance thermic treatment of poultry meat can be widely used in radiohygienic protection of the food chain.

Bibliografija

1. Draganović B i dr: Zbornik IX Simp. JDZZ 1977, str 461.
2. Draganović B i dr: Zbornik X Simp. JDZZ 1979, str 389.
3. Radijaciono higijenska istraživanja animalne proizvodnje, izveštaj SIZ nauke SRS.
4. Oluški V.: Prerada mesa, Beograd 1978.

AVTORSKO KAZALO

Ajdačić N.	253
Aleksić B.	609
Alunić L.	661
Andrić S.	473
Anovski T.	73
Antanasijević R.	519
Antić M.	409
Bačić S.	333
Baha Al-Deen A.H.	99
Barjaktarović N.	641
Barlić J.	383
Bauman A.	171, 185, 573, 597
Begović J.	165, 583, 635
Bek-Uzarov Dj.	29, 91, 137, 363, 703
Besarabić M.	609
Bojović P.S.	47
Boreli F.	535
Brajinik D.	107, 237, 491
Briski B.	35
Brnović R.	575, 579
Buben M.	557
Budnar M.	277
Gvelbar F.	375, 383
Deanović Ž.	621
Despotović R.	329, 339
Djcković V.	677
Djordjević Ž.	677
Djukić Z.	91
Djurić G.	179, 357
Dobrilović Lj.	485
Draganović B.	357, 673
Dražić G.	419
Drndarević V.	485
Dvornik I.	35, 403, 409, 427, 433
Džambasević M.	133
Fanka T.	179
Gačević M.	583
Giser A.	651
Gnjatović S.	299
Graunar M.	109
Gruden N.	553, 557
Hajduković D.	211
Horšić E.	147, 151, 171, 565, 523
Horvat Dj.	591, 597
Hrušovar G.	21

Ilić R.	369
Ivanović-Mičić G.	357
Janković D.	259
Jeremić M.	605
Južnič K.	109
Kačurkov D.	73
Kalendarov Z.	283
Kargačin B.	549
Katušić-Ražem B.	35
Kilibarda M.	217
Kirkov P.	73
Knežević Lj.	259
Kljajić R.	147, 161, 171, 565, 629
Kobal I.	107, 231
Kocić A.	507
Kolar D.	419
Kostial K.	549
Kostić V.	473
Košutić K.	99
Koturović A.M.	495
Kovač J.	185, 573
Križanović D.	303, 363
Krstić J.	519
Kukoč A.	473
Kvastek K.	727
Križman M.	733
Likar A.	383
Lokobauer N.	573
Lulić S.	99, 191, 727
Mandić M.	345
Marinković N.	263
Marković P.	11, 121, 397, 541, 697
Marković P.D.	79
Marković S.	299
Marković Z.	629
Marsel J.	197
Maršičanin B.	247
Martić M.	253
Martinčić	197, 383
Mihailović M.	61
Mihailović M.V.	61
Mihailović S.	201
Mihalj A.	147
Mihelić M.	453
Mijalović R.	433
Mijatović Lj.	157
Miklavžič U.	107, 197, 453
Minčeva B.	73
Miličević S.	651, 667
Milivojević K.	615
Miljanić S.	409, 439
Milojević K.	397

Milojević S.S.	79, 141
Milošević Z.	147, 171, 565, 629
Mirić I.	363, 369, 391, 447
Mirić P.	363, 391
Mitrović M.	529
Mitrović R.	165, 583, 635
Mladenović P.	651, 667
Momčilović B.	553
Nikezić D.	11, 121
Ninković M.	433, 689
Novak Lj.	569
Orlić M.	501
Panov D.	569, 605
Paligorić D.	485
Patić D.	87, 127
Pavelić J.	621
Pavlović R.S.	535
Pendić B.	473, 641
Pendić Z.	473
Perdan A.	277
Petrović D.	269
Pirš M.	329
Plečaš N.	351
Popovski S.	95
Račić J.	591, 597
Radovanović R.G.	67, 79, 133, 141, 157, 681
Ranogajec-Komor M.	409, 427, 439
Ražem D.	35
Ristić Dj.	11, 121, 541
Rozgaj R.	591, 597
Ružička I.	321
Saračević L.	147, 171
Selak I.	165, 629
Simonović J.	137, 447, 713
Simović M.	485
Simović R.	513
Slivnik J.	243
Smiljanić N.	667
Smiljanić R.	87, 127
Soldatović B.	673
Spreizer F.	453
Stanković S.	583, 635
Stanojlović Č.	231
Stanovnik A.	197, 491
Stergaršek A.	243
Stipčić-Solić N.	315
Stojanović D.	397, 615
Stojanović D.P.	535
Strugar P.	115
Subotić B.	329, 339
Sušnik D.	453

Šeruga M.	107
Simonović I.	549
Smelcerović M.	485
Sobajić M.	467
Svarcer K.	413
Todorović Ž.	519
Tomašević M.	17, 295, 304, 525, 657
Tomljenović I.	529
Toplišek M.	61
Trajković M.	561
Trkov A.	277
Trontelj M.	419, 453
Ubović Ž.	391, 561
Udovč H.	383
Vasiljević Lj.	447
Vekić B.	427
Veličković D.	447
Vertačnik A.	191
Vidmar M.	3
Vilfan I.	383
Višnjić V.	605
Vitale B.	621
Vujić J.	29, 689
Vujnić V.	473
Vukčević M.	369
Vukotić M.	67, 157
Vuković S.	541
Vuković Ž.	333, 345, 351
Zarić M.	3
Žerovnik I.	453
Živadinović M.	403

